



RODRIGO ALVES DE MATTOS

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE ADITIVOS  
NATURAIS NOS PONTOS DE  
ENTUPIAMENTO A FRIO, DE TURBIDEZ E  
DE FULGOR DE BIODIESEL E DE  
MISTURAS DIESEL-BIODIESEL

CAMPINAS  
2012





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE QUÍMICA**

**RODRIGO ALVES DE MATTOS**

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE ADITIVOS NATURAIS NOS PONTOS  
DE ENTUPIMENTO A FRIO, DE TURBIDEZ E DE FULGOR DE  
BIODIESEL E DE MISTURAS DIESEL-BIODIESEL**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MATTHIEU TUBINO**

**TESE DE DOUTORADO APRESENTADA AO  
INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNICAMP PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM CIÊNCIAS.**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA POR RODRIGO  
ALVES DE MATTOS E ORIENTADA PELO PROF.DR. MATTHIEU TUBINO.**

---

**Assinatura do Orientador**

**CAMPINAS  
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR SIMONE LUCAS - CRB8/8144 -  
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE QUÍMICA DA UNICAMP

M438e Mattos, Rodrigo Alves de (1979-).  
Estudo da influência de aditivos naturais nos pontos de entupimento a frio, de turbidez e de fulgor de biodiesel e de misturas diesel-biodiesel / Rodrigo Alves de Mattos.  
– Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Matthieu Tubino.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química.

1. Biodiesel. 2. Aditivos. 3. Terpenos. 4. Ponto de entupimento. 5. Ponto de fulgor. I. Tubino, Matthieu. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em inglês:** Study of natural additive influence in cold filter plugging point, turbidity and flash point in biodiesel and diesel-biodiesel blends

**Palavras-chave em inglês:**

Biodiesel  
Additives  
Terpenes  
Cold filter plugging point  
Flash point

**Área de concentração:** Química Analítica

**Titulação:** Doutor em Ciências

**Banca examinadora:**

Matthieu Tubino [Orientador]  
Adriana Vitorino Rossi  
Helena Redigolo Pezza  
Pedro Paulo Corbi  
Tereza Cristina Rodrigues Elsholz

**Data de defesa:** 30/11/2012

**Programa de pós-graduação:** Química



**Oração pela Família**  
**Pe. Zezinho**

Que nenhuma família comece em qualquer de repente,  
Que nenhuma família termine por falta de amor.  
Que o casal seja um para o outro de corpo e de mente,  
e que nada no mundo separe um casal sonhador.  
Que nenhuma família se abrigue debaixo da ponte,  
que ninguém interfira no lar e na vida dos dois.  
Que ninguém os obrigue a viver sem nenhum horizonte,  
que eles vivam do ontem, do hoje e em função de um depois.  
Que a família comece e termine sabendo onde vai,  
e que o homem carregue nos ombros a graça de um pai.  
Que a mulher seja um céu de ternura, aconchego e calor,  
e que os filhos conheçam a força que brota do amor.  
Abençoa, Senhor, as famílias! amém!  
Abençoa, Senhor, a minha também. (bis)  
Que marido e mulher tenham força de amar sem medida,  
que ninguém vá dormir sem pedir ou sem dar seu perdão.  
Que as crianças aprendam no colo o sentido da vida,  
que a família celebre a partilha do abraço e do pão.  
Que marido e mulher não se traiam, nem traiam seus filhos,  
que o ciúme não mate a certeza do amor entre os dois.  
Que no seu firmamento a estrela que tem maior brilho,  
seja a firme esperança de um céu aqui mesmo e depois.



## AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo;

Ao meu filho Davi, minha riqueza, minha alegria, meu professor...;

À minha esposa Elaine pela tolerância e pelo apoio incondicional;

Aos meus pais (Seu Edson e Dona Lourdes) pelas várias conversas sobre como conciliar a pós-graduação e o trabalho em uma empresa;

Ao Professor Dr. Matthieu Tubino – que acreditou em um sonho... entrou em uma área nova (aditivos), acreditou no meu comprometimento (estudante e trabalhador) e me possibilitou viver o mundo acadêmico de forma ímpar;

Ao Flávio Bastos, pela força e ajuda para este amigo que nunca conseguia aparecer nos horários de funcionamento do instituto e sempre lhe pedia para fazer algo;

À Acácia, técnica do laboratório, que me ajudou muito, mesmo que de forma virtual ou por telefone, com reagentes e operação de equipamentos;

À Terpenoil Tecnologia Orgânica, através de seu proprietário José Luiz Majolo, pelas amostras de terpenos e pela visão de química sustentável;

Ao Majolo que, como presidente, vice-presidente e diretor de várias empresas globais, me fez acreditar que a formação técnica especializada não só é desejável como é necessária para as empresas sobreviverem.

À Petrobras, REPLAN, pela amostra de diesel gentilmente cedida;

À Unilever, através do meu chefe e amigo Sergio Leopoldino, pelo apoio;

Ao Adriano Castro “Sol”, pela parceria nos trabalhos, elaboração de pôsteres para congressos e redação de artigos;

Ao Sabir Khan, pelas ajudas com as traduções, as dicas de congressos;

Aos amigos do laboratório pelo auxílio com as interpretações, as dicas dos sites de pesquisas, uso dos programas computacionais, auxílio nos equipamentos e ajuda com documentos para a CPG...





## RESUMO

“Estudo da influência de aditivos naturais nos pontos de entupimento a frio, de turbidez e de fulgor de biodiesel e de misturas diesel-biodiesel”

Autor: Rodrigo Alves de Mattos

Orientador: Prof. Dr. Matthieu Tubino

Palavras chave: Biodiesel, aditivo, terpenos, ponto de fulgor, ponto de entupimento

O presente trabalho foi realizado usando biodieseis preparados a partir de óleos de soja, canola, milho, girassol e, também, de gordura suína, através de reações transesterificação. Para todos esses biodieseis foram determinados o ponto de entupimento a frio, o ponto de fulgor e o perfil cromatográfico.

Estes biodieseis foram misturados com diesel de petróleo para se produzir misturas contendo 5% do biocombustível (B5), 10% (B10) e 20% (B20), e os ensaios citados foram realizados nestas amostras.

Visando a diminuição do ponto de entupimento a frio, alguns aditivos naturais foram testados e se mostraram eficientes. Por exemplo, o limoneno reduziu o ponto de entupimento do biodiesel de óleo soja em mais de 7°C. No biodiesel de gordura suína a redução foi de 10°C, o que significa o ponto de entupimento a frio em temperatura inferior a 13°C.

Os aditivos utilizados são solúveis nos biodieseis estudados e, também, nas misturas diesel-biodiesel, pelo menos nas concentrações testadas.

Como importante exemplo de abaixamento do ponto de entupimento a frio das misturas diesel-biodiesel de gordura suína com 10% de biodiesel (B10), pode-se citar o caso da terebentina que provocou uma redução de aproximadamente 8°C (de 12,7°C para 5,0°C). Este mesmo aditivo causou uma redução de 13,6 °C (de 20,3°C para 6,7°C), na mistura diesel-biodiesel de gordura suína com 20% de biodiesel (B20). Este resultado é muito significativo por implicar na possibilidade de usar este tipo de combustível mesmo em regiões mais ao sul do país durante o inverno.



## **ABSTRACT**

“Study of natural additives influence in cold filter plugging point, turbidity and flash point in biodiesels and diesel-biodiesel blends”

Author: Rodrigo Alves de Mattos

Supervisor: Prof. Dr. Matthieu Tubino

Keywords: Biodiesel, additive, terpenes, flash point, cold filter plugging point

The present studies were performed preparing biodiesel from soya, canola, corn, sunflower oils and the fat swine, through transesterification reaction. The biodiesel produced from these oils were studied for: cold filter plugging point, flash point and for chromatographic analysis.

The biodiesels were mixed with diesel to produce blends containing 5% of the biofuel (B5), 10% (B10) and 20% (B20), and these samples were also analyzed by the same techniques as discussed earlier.

In order to decrease the cold filter plugging point, some natural additives have been tested and were proved effectively. For example, limonene caused more than 7°C reduction in the cold filter plugging point of soybean biodiesel. In the biodiesel obtained from the swine fats, the reduction was found around 10°C and less than 13°C for the cold filter plugging point.

The additives are soluble in studied biodiesels and also in the diesel-biodiesel blends, at least, in the concentrations tested.

One of the important example of the reduction in the cold filter plugging point of diesel-biodiesel blends of swine fats with 10% biodiesel (B10), using turpentine as additive which caused reduction of approximately 8°C (from 12,7°C up to 5,0°C). The same additive caused a reduction of 13,6 °C (from 20.3 °C up to 6.7 °C) in the cold filter plugging point of diesel-biodiesel blends of swine fats with 20% biodiesel (B20). This result is very significant because it is possible to use this type of fuel in south regions of the country during the winter.



## **CURRICULUM VITAE**

### **1. Dados pessoais**

---

RODRIGO ALVES DE MATTOS

Rua Jader Passos, 374

Cel: (19) 91063232

Data de Nascimento: 22/08/1979.

Campinas-SP

Fone: (19) 33968489

### **2. Formação Acadêmica (Graduação e Pós-Graduação)**

---

Mestrado em Química – Físico química

“Estudo das interações do herbicida glifosato com argila natural brasileira monoiônica”

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Concluído em Janeiro de 2008

Licenciatura em Química

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas

Concluído em Junho de 2003

Licenciatura em Pedagogia

UNAR – Universidade de Araras

Concluído em Janeiro de 2008

### **3. Experiência Profissional Cooperativa**

---

Unilever Brasil LTDA

Coordenador de Desenvolvimento

Início Fev/2011

Terpenoil Tecnologia Orgânica LTDA

Coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento

Nov/2009 a Fev/2011

Sigma Aldrich Brasil LTDA

Especialista Vendedor Técnico

Abr/2006 a Nov/2009

### **4. Experiência Profissional Docente**

---

Colégio Anglo Cosmópolis e Paulínia

Coordenador Pedagógico de Cursos Técnicos

Ago/2002 a Jan/2006

Professor de colégio técnico (~4 anos)

ETECAP e Colégio Politécnico Bento Quirino

Professor de química para ensino fundamental, médio e cursinho (~3 anos)

EE Alves Aranha, Colégio Progresso, Raphael di santo, Forte castelo, Rede Objetivo, Rede Anglo e Med Vestibulares.

## 5. Produção científica

---

Patente requerida:

Patente: “Composição química de aditivo para combustível e composição combustível que causam redução do ponto de entupimento a frio para usar em motores a combustão”, autoria de Mattos, R.A; Tubino, M.; Data do depósito da patente: 21/12/2011.

Trabalhos científico apresentados em congressos:

“Study of the chemical composition versus the cold point filter plugging of biodiesel”, autoria de Mattos, R.A; Castro A.G. e Tubino, M.; 12th Eurasia Conference on Chemical Science, dias 16 a 21 de Abril de 2012. Corfu, Grécia.

“Kinetics of biodiesel oxidation stabilized with natural antioxidant additive” autoria de Mattos, R.A; Castro A.G. e Tubino, M.; 12th Eurasia Conference on Chemical Science, dias 16 a 21 de Abril de 2012. Corfu, Grécia.

“Estudo do ponto de fulgor em misturas diesel-biodiesel”, autoria de Mattos, R. A.; Tubino, M.; Bastos, F. A. 16ª Encontro Nacional de Química Analítica (ENQA) dias 23 a 26 de Outubro de 2011. Campos do Jordão – SP.

"Estudo da adsorção de glifosato em argilas monoiônica substituídas em Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>", autoria de Mattos, R. A.; Simoni, J. A.; Bastos, F. A. 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ), dias 23 a 26 de maio de 2011. Florianópolis – SC.

Seminário sobre: “Sistemas Terpênicos” autoria de Mattos R.A.; 28º Congresso e Exposição para Empresas de produtos de Limpeza (ABISA) dias 24 a 26 de outubro de 2010. Salvador – BA.

“Estudo do uso de textos sobre a história da eletricidade para cursos de ciências do nível médio”, autoria de Mattos, R.A.; Silva, D.; Barros, J. XV Simpósio Nacional de ensino de Física (SNEF), dias 21 a 26 de março de 2003. Curitiba – PR.

“Estudo do uso de textos sobre a história da eletricidade para cursos de ciências do nível médio”, autoria de Mattos, R.A.; Silva, D.; Barros, J. X Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp, dias 25 e 26 de setembro de 2002. Campinas – SP.

“Desenvolvimento de textos sobre a história da eletricidade para cursos de ciências do nível médio”, autoria de Mattos, R.A.; Silva, D.; Barros, J. IX Congresso Interno de Iniciação Científica da Unicamp, dias 27 e 28 de setembro de 2001. Campinas – SP.

## 6. Outros

---

Inglês Fluente - Francês Intermediário

Participação, como expositor, em congressos pela Sigma-Aldrich e Terpenoil

# ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. BIODIESEL	2
1.1.1. HISTÓRICO DO BIODIESEL	2
1.1.2. COMPOSIÇÃO E PRODUÇÃO DO BIODIESEL	3
1.1.3. PROPRIEDADES DO BIODIESEL	6
1.1.4. QUALIDADE, RESULTADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE	7
1.1.4.1. TEOR DE ÁGUA	9
1.1.4.2. TEOR DE ÁLCOOL	9
1.1.4.3. PONTO DE FULGOR	9
1.1.4.4. VISCOSIDADE	10
1.1.4.5. ÍNDICE DE ACIDEZ	10
1.1.5.6. ÍNDICE DE IODO	11
1.1.5.7. NÚMERO DE CETANOS	11
1.1.5.8. GLICERINA LIVRE E GLICERINA TOTAL	11
1.1.5.9. ESTABILIDADE OXIDATIVA	12
1.1.5.10. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO	12
1.1.5. PRODUÇÃO MUNDIAL DE BIODIESEL	12
1.1.6. ASPECTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DO BIODIESEL	14
1.2. ADITIVOS	16
1.2.1. ADITIVOS EM COMBUSTÍVEIS	16
1.2.2. COMPOSIÇÃO DOS ADITIVOS	17
1.2.3. PROPRIEDADES DOS ADITIVOS EM COMBUSTÍVEIS	19
1.2.4. USOS E APLICAÇÕES DOS ADITIVOS EM COMBUSTÍVEL	20
1.3. TERPENOS	22
1.3.1. HISTÓRICO	24
1.3.2. PRODUÇÃO	27
1.3.3. COMPOSIÇÃO	29
1.3.4. PROPRIEDADES E USOS	33
1.4. QUÍMICA VERDE	35



2. OBJETIVO	42
3. PARTE EXPERIMENTAL	43
3.1. SÍNTESE DO BIODIESEL	43
3.2. PREPARO DO BIODIESEL	45
3.3. ADITIVOS	45
3.4. ADITIVAÇÃO DO BIODIESEL	46
3.5. A AMOSTRA DE DIESEL E PREPARO DAS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL	46
3.6. PREPARO DAS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL ADITIVADAS	47
3.7. CROMATOGRAFIA GASOSA E ESPECTROMETIA DE MASSAS	48
3.7.1. BIODIESEL (Aricetti, 2010)	48
3.7.2. ADITIVOS	48
3.8. PONTO DE ENTUPIAMENTO A FRIO	49
3.9. TURBIDEZ	51
3.10. PONTO DE FULGOR	52
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1. QUALIDADE DO BIODIESEL	54
4.2. COMPOSIÇÃO DE ÉSTERES METÁLICOS DO BIODIESEL	56
4.3. GRAU DE INSATURAÇÃO – GI	57
4.4. COMPOSIÇÃO DOS ADITIVOS UTILIZADOS	58
4.5. PONTO DE ENTUPIAMENTO A FRIO	60
4.5.1. BIODIESEL – B100	60
4.5.2. MISTURA DIESEL-BIODIESEL – B5, B10 e B20.	67
4.6. TURBIDEZ	79
4.6.1. BIODIESEL – B100	79
4.6.2. DIESEL E MISTURA DIESEL-BIODIESEL – B0, B5, B10 e B20.	91
4.7. TEMPERATURA DE TURBIDEZ	116
4.7.1. BIODIESEL – B100	116
4.7.2. DIESEL E MISTURAS DIESEL-BIODIESEL – B0, B5, B10 e B20.	121
4.8. PONTO DE FULGOR	132
4.8.1. PONTO DE FULGOR DO DIESEL E DOS BIODIESEIS	132

4.8.2. PONTO DE FULGOR DOS ADITIVOS TESTADOS	134
4.8.3. PONTO DE FULGOR DOS BIODIESEIS ADITIVADOS	135
4.8.4. PONTO DE FULGOR DAS MISTURAS DE DIESEL COM BODIESEL NÃO ADITIVADO	139
4.8.5. PONTO DE FULGOR DAS MISTURAS DE DIESEL COM BODIESEL ADITIVADO	143
4.9. CORRELAÇÕES ENTRE OS BIODIESEIS PUROS – B100	148
4.9.1. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO E TEMPERATURA DE TURBIDEZ	148
4.9.2. CORRELAÇÃO ENTRE O PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO E A COMPOSIÇÃO EM SATURADOS (OU INSATURADOS) DOS ÓLEOS OU GORDURA DE ORIGEM ANIMAL (SUÍNA)	150
4.9.3. CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DE TURBIDEZ E A COMPOSIÇÃO EM SATURADOS (OU INSATURADOS) DOS ÓLEOS OU GORDURA DE ORIGEM ANIMAL (SUÍNA)	154
4.10. CORRELAÇÕES ENTRE OS BIODIESEIS – B100 – ADITIVADOS	155
4.10.1. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO E TEMPERATURA DE TURBIDEZ	155
5. CONCLUSÃO	168
6. PERSPECTIVAS	170
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	172
8. APÊNDICES	180
8.1. APÊNDICE 1: CROMATOGRAFIA REALIZADA PELO IPT	181
8.2. APÊNDICE 2: PONTO DE ENTUPIMENTO DO BODIESEL, B100, ISENTO E COM DIFERENTES COMPOSTOS ADITIVOS.	183
8.3. APÊNDICE 3: PONTO DE ENTUPIMENTO PARA O DIESEL E AS MISTURAS DIESEL-BODIESEL, BX, COM DIFERENTES ADITIVOS.	188
8.4. APÊNDICE 4: ABSORBÂNCIAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA PARA BODIESEL, B100.	199
8.5. APÊNDICE 5: ABSORBÂNCIAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA PARA O DIESEL, E PARA AS MISTURAS DIESEL-BODIESEL, BX, COM DIFERENTES ADITIVOS.	220
8.6. APÊNDICE 6: TEMPERATURAS DE TURBIDEZ PARA O BODIESEL PURO E COM DIFERENTES ADITIVOS	243
8.7. APÊNDICE 7: TEMPERATURAS DE TURBIDEZ PARA O DIESEL, E PARA AS MISTURAS DIESEL-BODIESEL, BX, E COM DIFERENTES ADITIVOS.	248
8.8. APÊNCIDE 8: PONTO DE FULGOR DO DIESEL, DOS ADITIVOS, DO BODIESEL PUROS E ADITIVADOS E DAS MISTURAS DIESEL-BODIESEL PURAS E ADITIVADAS.	259

8.9. APÊNDICE 9: ASTM D2500 - MÉTODO PADRÃO PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO DE NÚVEM DE PRODUTOS DE PETRÓLEO (ASTM D2500, 2011).	269
8.10. APÊNDICE 10: COMPARAÇÃO ENTRE O PONTO DE ENTUPIMENTO E A TEMPERATURA DE TURBIDEZ DO BIODIESEL, B100.	272
8.11. APÊNDICE 11: COMPARAÇÃO ENTRE O PONTO DE ENTUPIMENTO E A TEMPERATURA DE TURBIDEZ DO BIODIESEL, B100, COM DIFERENTES ADITIVOS.	273

## ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1: Composição (% m/m), em ácidos graxos, de biodieseis de diferentes origens (Glaude et al, 2010).	5
Tabela 2: Composição (% m/m) do diesel de petróleo (Glaude et al, 2010).	5
Tabela 3: Especificações do Biodiesel segundo a Resolução ANP 07/2008.	8
Tabela 4: As 30 principais companhias e organizações considerando o número de patentes em química verde até 2001 (Nameroff et al., 2004).	38
Tabela 5: Medidas do dispositivo de ponto de fulgor (ASTM D93, 2006).	53
Tabela 6: Resultados de índice de acidez (Aricetti, 2010).	54
Tabela 7: Índice de iodo (mg de iodo por 100 g de amostra) (Aricetti, 2010).	54
Tabela 8: Os números de cetanos dos biodieseis (Aricetti, 2010).	55
Tabela 9: Composição química em ésteres, dos biodieseis de gordura suína, óleo de soja, óleo de canola, óleo de girassol e óleo de milho (Aricetti, 2010).	59
Tabela 10: Somatória das quantidades dos ésteres saturados (porcentagem em massa), monoinsaturados e poli-insaturados e GI dos biodieseis.	58
Tabela 11: Composição química dos aditivos utilizados.	59
Tabela 12: Fórmulas estruturais dos terpenos presentes nos aditivos.	60
Tabela 13: Dados de regressão linear dos gráficos apresentados nas figuras de 136 a 140, que correlacionam o ponto de fulgor com a porcentagem, em volume, de biodiesel na amostra.	143
Tabela 14: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de soja (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.	183
Tabela 15: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de milho (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.	184
Tabela 16: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de canola (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.	185
Tabela 17: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de girassol (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.	186
Tabela 18: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de gordura suína (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.	187
Tabela 19: Resultado do ponto de entupimento a frio obtido para o diesel puro e isento de aditivos ou biodiesel.	188

Tabela 20: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com cânfora em diferentes concentrações.	188
Tabela 21: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com limoneno em diferentes concentrações.	189
Tabela 22: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com terebentina em diferentes concentrações.	189
Tabela 23: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com X1200 em diferentes concentrações.	190
Tabela 24: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com cânfora em diferentes concentrações.	190
Tabela 25: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com limoneno em diferentes concentrações.	191
Tabela 26: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com terebentina em diferentes concentrações.	191
Tabela 27: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com X1200 em diferentes concentrações.	192
Tabela 28: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	192
Tabela 29: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	193
Tabela 30: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	193
Tabela 31: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	194
Tabela 32: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	194
Tabela 33: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	195
Tabela 34: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	195
Tabela 35: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	196

Tabela 36: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	196
Tabela 37: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	197
Tabela 38: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	197
Tabela 39: Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	198
Tabela 40: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel puro, de diferentes origens, em função da temperatura.	199
Tabela 41: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	200
Tabela 42: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	201
Tabela 43: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	202
Tabela 44: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	203
Tabela 45: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	204
Tabela 46: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	205
Tabela 47: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	206
Tabela 48: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	207
Tabela 49: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	208
Tabela 50: Resultados das absorbâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	209

Tabela 51: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	210
Tabela 52: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	211
Tabela 53: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	212
Tabela 54: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	213
Tabela 55: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	214
Tabela 56: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	215
Tabela 57: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura,	216
Tabela 58: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	217
Tabela 59: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.	218
Tabela 60: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com terebentina, em diferentes e em função da temperatura.	219
Tabela 61: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, obtidas para o diesel em função da temperatura.	220
Tabela 62: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.	220
Tabela 63: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	221
Tabela 64: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	221
Tabela 65: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	222

Tabela 66: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	222
Tabela 67: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	223
Tabela 68: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	223
Tabela 69: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	224
Tabela 70: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	224
Tabela 71: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.	225
Tabela 72: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	225
Tabela 73: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	226
Tabela 74: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	226
Tabela 75: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	227
Tabela 76: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	227
Tabela 77: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel,	228
Tabela 78: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	228
Tabela 79: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	229



Tabela 80: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.	229
Tabela 81: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	230
Tabela 82: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	230
Tabela 83: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	231
Tabela 84: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	231
Tabela 85: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	232
Tabela 86: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	232
Tabela 87: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	233
Tabela 88: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	233
Tabela 89: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.	234
Tabela 90: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	234
Tabela 91: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	235
Tabela 92: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	235
Tabela 93: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	236

Tabela 94: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	236
Tabela 95: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	237
Tabela 96: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	237
Tabela 97: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	238
Tabela 98: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.	238
Tabela 99: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	239
Tabela 100: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	239
Tabela 101: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	240
Tabela 102: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	240
Tabela 103: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	241
Tabela 104: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	241
Tabela 105: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.	242
Tabela 106: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.	242

Tabela 107: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de óleo de soja – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.	243
Tabela 108: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de gordura suína – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.	244
Tabela 109: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de óleo de girassol – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.	245
Tabela 110: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de óleo de milho – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.	246
Tabela 111: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de óleo de canola – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.	247
Tabela 112: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância) para o diesel	248
Tabela 113: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.	248
Tabela 114: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de soja – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.	249
Tabela 115: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.	249
Tabela 116: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de soja – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.	250
Tabela 117: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.	250
Tabela 118: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.	251
Tabela 119: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.	251
Tabela 120: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.	252
Tabela 121: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.	252

Tabela 122: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora,	253
Tabela 123: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.	253
Tabela 124: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.	254
Tabela 125: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.	254
Tabela 126: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.	255
Tabela 127: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.	255
Tabela 128: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.	256
Tabela 129: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.	256
Tabela 130: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.	257
Tabela 131: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.	257
Tabela 132: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.	258
Tabela 133: Resultados do ponto de fulgor dos diferentes biodieseis – B100 – e do diesel – B0 – isentos de aditivos.	259
Tabela 134: Resultados do ponto de fulgor dos aditivos utilizados.	259
Tabela 135: Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de soja – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.	260
Tabela 136: Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de milho – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.	260
Tabela 137: Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de canola – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.	261

Tabela 138: Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de girassol – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.	261
Tabela 139: Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de gordura suína – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.	262
Tabela 140: Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de soja, milho, canola, girassol e gordura suína – BX – sem aditivos.	263
Tabela 141: Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.	264
Tabela 142: Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.	265
Tabela 143: Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.	266
Tabela 144: Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.	267
Tabela 145: Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de gordura suína – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.	268
Tabela 146: Comparação dos resultados dos pontos de entupimentos a frio e da temperatura de turbidez obtidos para o biodiesel, B100, isento do uso de aditivos.	272
Tabela 147: Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de canola, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.	273
Tabela 148: Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de girassol, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.	274
Tabela 149: Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de milho, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.	275
Tabela 150: Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de soja, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.	276
Tabela 151: Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de gordura suína, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.	277

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática de uma molécula de triglicerídeo.	3
Figura 2: Esquema que representa a reação de transesterificação: produção do biodiesel.	4
Figura 3: Medidas de estabilidade oxidativa (método Rancimat) de amostras de éster metílico tratadas com antioxidantes fenólicos (BHT, hidroxitolueno butilado ou 2,6-di-terc-butil-4-metil fenol; BHA, hidroxianisol butilado ou isômeros 2-terc-butil-4-hidroxianisol e 3-terc-butil-4-hidroxianisol; TBHQ, terc-butil hidroquinona; PG, propil gallato e PG pirogallol). Conforme Resolução ANP 07/2008 (EN 14112) (Karavalakis et al., 2011).	20
Figura 4: Principais rotas de transformação do limoneno(Marostica Jr. e Pastore, 2007).	26
Figura 5: Formação do Limoneno a partir do isopreno.	30
Figura 6: Estruturas de terpenos e suas funções químicas.	31
Figura 7: Estruturas de terpenos e suas funções químicas.	32
Figura 8: Estrutura molecular de alguns terpenos estudados no presente trabalho.	34
Figura 9: Fluxograma da síntese do biodiesel.	44
Figura 10: Equipamento para o teste do ponto de entupimento a frio (ASTM D6371, 1998).	50
Figura 11: Sistema do equipamento de ponto de fulgor (ASTM D93, 2006).	53
Figura 12: Equipamento para o teste do ponto de entupimento a frio (ASTM D6371, 1998).	61
Figura 13: Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel óleo de soja, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.	62
Figura 14: Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de óleo de milho, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.	63
Figura 15: Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de óleo de canola, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.	63
Figura 16: Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de óleo de girassol, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.	64
Figura 17: Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de gordura suína, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.	64
Figura 18: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	68
Figura 19: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	68

Figura 20: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	69
Figura 21: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	69
Figura 22: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	70
Figura 23: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	70
Figura 24: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	71
Figura 25: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	71
Figura 26: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	72
Figura 27: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	72
Figura 28: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	73
Figura 29: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	73
Figura 30: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	74
Figura 31: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	74
Figura 32: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	75
Figura 33: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	75

Figura 34: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	76
Figura 35: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo	76
Figura 36: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico). indicadas no gráfico).	77
Figura 37: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).	77
Figura 38: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), biodieseis de diferentes origens, sem o uso de aditivo	80
Figura 39: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	81
Figura 40: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	81
Figura 41: Correlação entre a temperatura e a absorbância, (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	82
Figura 42: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	82
Figura 43: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	83
Figura 44: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	83
Figura 45: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	84
Figura 46: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	84
Figura 47: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	85
Figura 48: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	85
Figura 49: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	86
Figura 50: Correlação entre a temperatura e a absorbância, (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	86
Figura 51: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	87



Figura 52: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	87
Figura 53: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	88
Figura 54: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	88
Figura 55: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com limoneno em diferentes concentrações.	89
Figura 56: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com cânfora em diferentes concentrações.	89
Figura 57: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com X1200 em diferentes concentrações.	90
Figura 58: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com terebentina em diferentes concentrações.	90
Figura 59: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) do diesel – B0.	92
Figura 60: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo.	93
Figura 61: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.	93
Figura 62: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.	94
Figura 63: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.	94
Figura 64: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.	95
Figura 65: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel	95
Figura 66: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância onda em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.	96
Figura 67: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.	96
Figura 68: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.	97

Figura 69: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – sem aditivo	97
Figura 70: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.	98
Figura 71: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.	98
Figura 72: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.	99
Figura 73: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.	99
Figura 74: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.	100
Figura 75: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.	100
Figura 76: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.	101
Figura 77: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.	101
Figura 78: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – sem aditivo	102
Figura 79: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.	102
Figura 80: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.	103
Figura 81: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.	103
Figura 82: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.	104
Figura 83: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.	104

Figura 84: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.	105
Figura 85: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.	105
Figura 86: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.	106
Figura 87: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – sem aditivo.	106
Figura 88: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.	107
Figura 89: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.	107
Figura 90: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.	108
Figura 91: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.	108
Figura 92: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.	109
Figura 93: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.	109
Figura 94: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.	110
Figura 95: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.	110
Figura 96: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – sem aditivo.	111
Figura 97: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.	111
Figura 98: Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.	112

Figura 99: Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.	112
Figura 100: Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.	113
Figura 101: Correlação entre o a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.	113
Figura 102: Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.	114
Figura 103: Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.	114
Figura 104: Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.	115
Figura 105: Correlação entre a turbidez do biodiesel de óleo de soja, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.	117
Figura 106: Correlação entre a turbidez do biodiesel de gordura suína, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.	118
Figura 107: Correlação entre a turbidez do biodiesel de girassol, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.	118
Figura 108: Correlação entre a turbidez do biodiesel de milho, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.	119
Figura 109: Correlação entre a turbidez do biodiesel de canola, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.	119
Figura 110: Correlação entre a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).	122
Figura 111: Correlação entre a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).	122
Figura 112: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).	123
Figura 113: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).	123
Figura 114: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).	124

Figura 115: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).	124
Figura 116: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).	125
Figura 117: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel no mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).	125
Figura 118: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).	126
Figura 119: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).	126
Figura 120: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).	127
Figura 121: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).	127
Figura 122: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).	128
Figura 123: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).	128
Figura 124: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).	129
Figura 125: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).	129
Figura 126: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).	130
Figura 127: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).	130
Figura 128: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de Biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).	131

Figura 129: Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).	131
Figura 130: Comparação dos resultados de ponto de fulgor dos biodieseis, B100, e do diesel, B0.	133
Figura 131: Comparação dos resultados de ponto de fulgor dos aditivos utilizados	134
Figura 132: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de gordura suína – B100.	135
Figura 133: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de soja – B100.	136
Figura 134: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de girassol – B100.	136
Figura 135: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de milho – B100.	137
Figura 136: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de canola – B100.	137
Figura 137: Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de soja na mistura diesel-biodiesel.	139
Figura 138: Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de canola na mistura diesel-biodiesel.	140
Figura 139: Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de girassol na mistura diesel-biodiesel.	140
Figura 140: Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de milho na mistura diesel-biodiesel.	141
Figura 141: Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de gordura suína na mistura diesel-biodiesel.	141
Figura 142: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de gordura suína – BX – puro e com diferentes aditivos.	144
Figura 143: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – puro e com diferentes aditivos.	144
Figura 144: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – puro e com diferentes aditivos.	145
Figura 145: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – puro e com diferentes aditivos.	145
Figura 146: Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de canola – BX – puro e com diferentes aditivos.	146
Figura 147: Comparação entre o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez dos biodieseis, B100.	148

Figura 148: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez dos biodieseis, B100.	149
Figura 149: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e o índice de iodo.	150
Figura 150: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e o grau de instauração.	151
Figura 151: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a somatória de ésteres saturados.	152
Figura 152: Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a somatória de ésteres insaturados.	153
Figura 153: Correlação entre a temperatura de turbidez e a somatória de ésteres saturados.	154
Figura 154: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.	156
Figura 155: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.	156
Figura 156: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.	157
Figura 157: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.	157
Figura 158: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.	158
Figura 159: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.	158
Figura 160: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.	159
Figura 161: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.	159
Figura 162: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.	160
Figura 163: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.	160

Figura 164: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.	161
Figura 165: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.	161
Figura 166: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno	162
Figura 167: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.	162
Figura 168: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.	163
Figura 169: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.	163
Figura 170: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.	164
Figura 171: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.	164
Figura 172: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.	165
Figura 173: Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.	165
Figura 174: Equipamento de determinação do ponto de nuvem. (ASTM D2500, 2011).	270





# 1. INTRODUÇÃO

O mundo consome mais de  $3,70 \times 10^{20}$  joules de energia por ano, o equivalente a 170 milhões de barris de petróleo por dia ou a 11,73 terawatts por hora. Em países desenvolvidos, até 95% da energia provêm dos combustíveis fósseis. Atualmente os biocombustíveis correspondem entre 10% a 15% de todo o consumo energético humano (Somerville, 2007 e [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br), 2012).

O consumo de energia faz parte da essência humana, estando na base da sua fisiologia, sendo portanto, essencial para a vida e, por extensão, para as relações sociais no planeta. No último século a força motriz da economia mundial, da vida das pessoas, da agricultura e das indústrias, foi o petróleo. Ele é vital para a sobrevivência do estilo de vida atual. Entretanto, as limitadas reservas e o aumento da poluição são sérios problemas relacionados a este combustível (Murphy e Powercy, 2009; Sharid e Jamal, 2008).

Assim, o processo de substituição dos combustíveis provenientes do petróleo vem ganhando força nos últimos anos. Os problemas inerentes a esses combustíveis e seus derivados, como a ameaça de escassez e o aumento da poluição atmosférica, bem como a instabilidade no preço, mudanças climáticas e a sustentabilidade energética, têm promovido a busca por combustíveis alternativos renováveis menos danosos ao meio ambiente.

Nos anos 1970, com a crise do petróleo, o uso de combustíveis de fontes alternativas mostrou ser interessante por questões políticas, ambientais e econômicas (Sharid e Jamal, 2008). Contudo, apenas em anos recentes, com o aumento da demanda por energia e com a crescente necessidade de substituição do petróleo, os biocombustíveis tornaram-se substitutos potenciais (Somerville, 2007).

É importante ressaltar que atualmente a palavra biocombustível é usada para descrever fontes de energia obtidas através de recursos renováveis, tais como o biodiesel e o bioetanol, diferenciando-os dos combustíveis fósseis com base no petróleo, como diesel e gasolina, entre outros.

Este trabalho abordará especificamente o biodiesel obtido de diferentes óleos e gorduras.

## **1.1. BIODIESEL**

### **1.1.1. HISTÓRICO DO BIODIESEL**

O uso de óleo vegetal como combustível não é novidade. Em 1895, Rudolf Diesel apresentou o primeiro motor à compressão-injeção que funcionava com óleo de amendoim, e se mostrava mais eficiente que os motores que trabalhavam com vapor de água (Hammond et al., 2008).

Estes estudos tinham o objetivo de prover os interesses do governo francês em proporcionar as suas colônias tropicais uma fonte de energia. (Knothe, 2010)

As melhores propriedades físico-químicas do diesel mineral e questões econômicas fizeram com que os óleos vegetais fossem deixados de lado, e o diesel de petróleo se tornasse mais popular (Hammond et al., 2008). Porém em situações emergenciais, como nas décadas de 1930 e de 1940, na Segunda Guerra Mundial, por exemplo, os óleos vegetais voltaram a ser usados no lugar do diesel em motores (Huang et al., 2010).

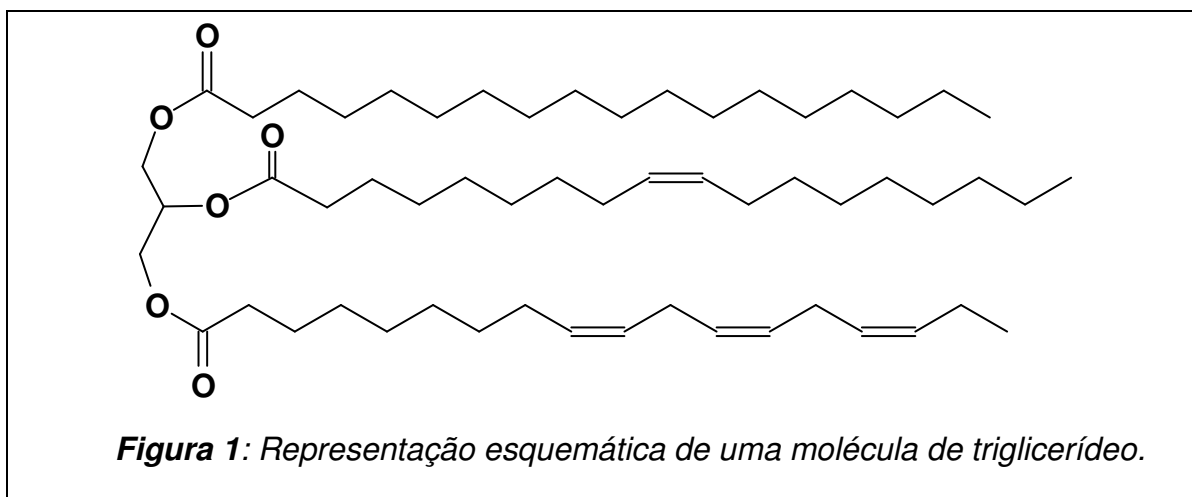
Por conta de suas características físico-químicas, os óleos vegetais não devem ser usados diretamente nos motores diesel, pois existe a necessidade de ajustes mecânicos. Já o biodiesel apresenta características próximas ao diesel, fazendo com que este biocombustível possa substituir o diesel de petróleo sem que modificações sejam necessárias. É importante citar que a primeira patente deste biocombustível foi testada na Bélgica em 1937, sendo ela o primeiro artigo sobre o biodiesel, apesar dos testes de Rudolf Diesel no século XIX (Hammond et al., 2008; Knothe, 2010). Os primeiros artigos “modernos” sobre o tema são da década de 1980 (Knothe, 2010).

Um fato curioso é que a produção do biodiesel tem data anterior ao uso dos óleos vegetais como combustível por Rudolf Diesel. Já em 1853 E. Duffy e J.

Patrick utilizaram a reação de transesterificação em seus trabalhos (Demirbas, 2009; Nitschke e Wilson, 1965).

### 1.1.2. COMPOSIÇÃO E PRODUÇÃO DO BIODIESEL

O biodiesel é definido com um mono alquil éster, geralmente metílico ou etílico, de óleo vegetal ou gordura animal (Sharid e Jamal, 2008). Trata-se de derivados de óleos e/ou gorduras animal ou vegetal, constituídos por mono, di e triglicerídeos ligados a uma molécula de glicerol. Estes compostos possuem cadeia carbônica variando entre 8 a 24 carbonos e podem ou não possuir insaturações. (Lang et al., 2001; Geris et al., 2007).



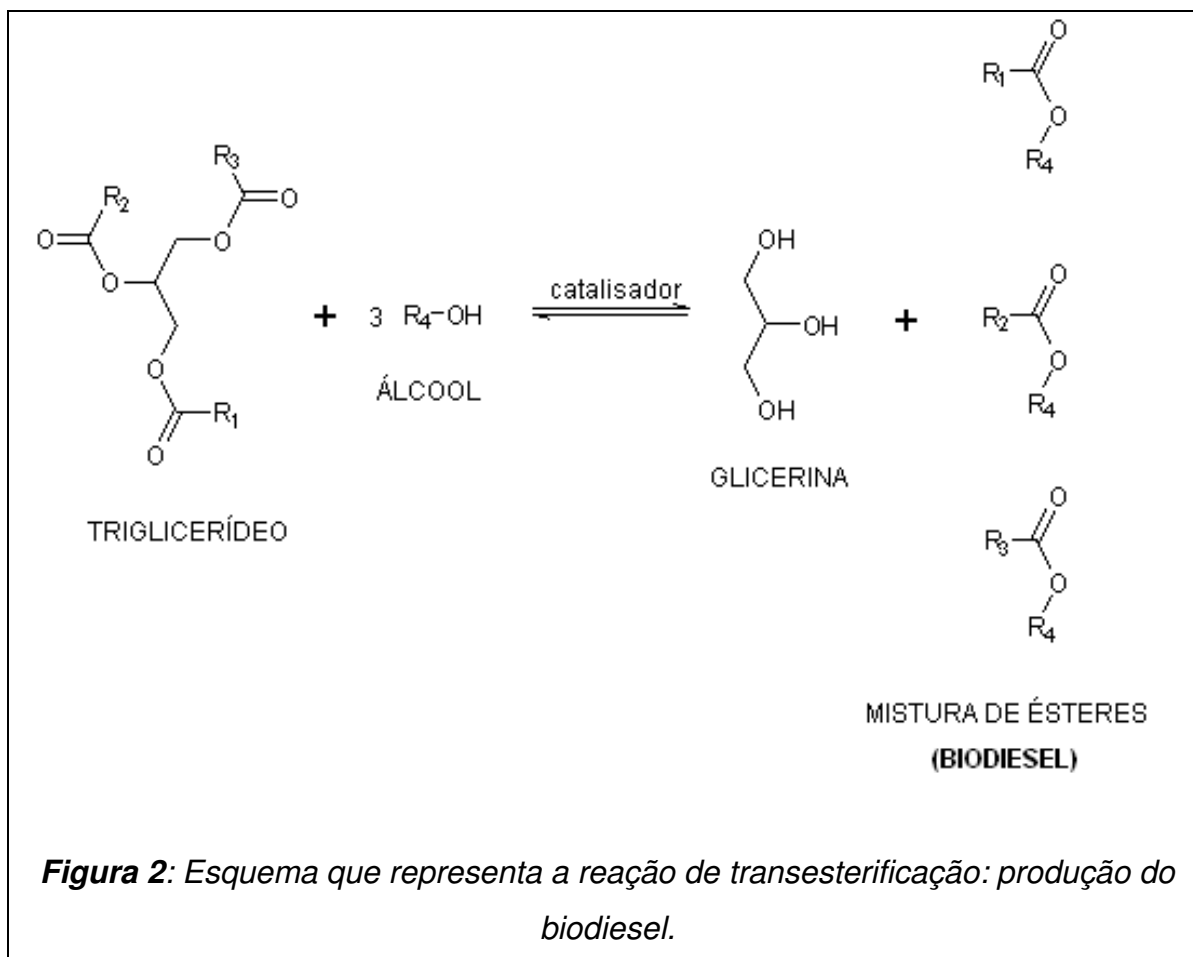
Ele é produzido pela transesterificação de óleos vegetais e gorduras vegetais ou animais, com álcool (etanol ou metanol principalmente), em presença de catalisador. Nessa reação (Figura 2) forma-se glicerina como subproduto, devendo esta ser separada do biodiesel (Hammond et al., 2008).

A glicerina, pode ser usada como umectante ou solvente em produtos de higiene e limpeza, como suavizante em doces, como umectante em embalagens, além de ser agregador de consistência em corantes. É utilizada também na produção de emulsificante e polímeros como o poliglicerol e os ésteres de

poliglicerol. Na indústria, a glicerina tem sido empregada em pomadas, xaropes, anestésicos, produtos de higiene e beleza, além de servir de precursora para medicamentos (www.biodieselbr.com, 2012).

A presença de glicerina no biodiesel tem a propriedade de aumentar a viscosidade causando redução da performance do combustível (Bajpai e Tyagi, 2006).

Na figura 2 está esquematizado o processo de transesterificação de um triglicerídeo.



A composição média do biodiesel em ácidos graxos, levando em conta o óleo ou gordura original pode ser vista na tabela 1:

**Tabela 1:** Composição (% m/m), em ácidos graxos, de biodieseis de diferentes origens (Glaude et al, 2010).

Ácido	Carbonos: insaturações <sup>a</sup>	Óleo ou gordura de origem			
		Girassol	Soja	Palma	Suína
Mirístico	C14:0	0	0	1	4
Palmítico	C16:0	6	10	44	27
Esteárico	C18:0	5	4	6	24
Oleico	C18:1	18	23	38	40
Linoleico	C18:2	69	53	10	3
Linolênico	C18:3	1	8	0,5	0,5
Outros	> C20:X	1	2	0,5	1,5

<sup>a</sup> número de carbonos na molécula : número de duplas ligações.

Em termos de tamanho de cadeia, as composições do diesel e do biodiesel são próximas. Entretanto, o diesel tem em sua composição hidrocarbonetos cíclicos e suas cadeias carbônicas são ligeiramente menores. A composição média dos principais tipos de diesel pode ser vista na tabela 2:

**Tabela 2:** Composição (% m/m) do diesel de petróleo (Glaude et al, 2010).

Nome	Fórmula	Diesel de petróleo	
		Tipo 1	Tipo 2
n-Decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>		31
n-Hexadecano	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	29	
n-propil ciclohexano	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub>	33,2	
n-butil ciclohexano	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub>		39
n-propil benzeno	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	28,3	
n-butil benzeno	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>		16
naftaleno	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	9,5	
α-metil naftaleno	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub>		14

### **1.1.3. PROPRIEDADES DO BIODIESEL**

Não se indica o uso direto de óleos e gorduras nos motores atuais, pois estes foram projetados para o diesel de petróleo, que possui, em relação aos óleos, características diferentes no que se refere, por exemplo, à viscosidade, à volatilidade e à densidade. Assim o uso de óleos pode causar combustão incompleta, formando borras e entupindo filtros (Demirbas, 2008; Demirbas, 2009).

A alta viscosidade dos óleos e gorduras impede que eles sejam utilizados diretamente como combustíveis em motores movidos a diesel. A viscosidade é cerca de 10 a 20 vezes maior que a do óleo diesel. Em adição, quando eles são degradados, a viscosidade que apresentam é ainda maior devido às reações de polimerização (Lang et al., 2001; Kodali, 2002)

Desta forma, para adequar os óleos e gorduras vegetais e animais ao motor diesel atual, eles devem ser submetidos ao processo de transesterificação, de modo a serem convertidos em mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos, o assim chamado biodiesel. Este biocombustível é similar em características físicas ao diesel mineral, sendo, porém, produzido a partir de material oriundo da biomassa (Hammond et al., 2008; Glaude et al, 2010).

O biodiesel é uma das melhores alternativas de biocombustível e pode ser produzido a partir de matérias primas como, por exemplo, óleo de soja, gordura suína, óleo de girassol, apresentando poder calorífico de 10 a 15% menor do que o diesel de petróleo. Entretanto mudanças mecânicas no motor podem minimizar esta diferença (Sharid e Jamal, 2008; Glaude et al., 2010; Pokoo-Aikins et al., 2010). Além disso, misturando o biodiesel com diesel de petróleo em até 20% de biodiesel (B20) obtém-se uma mistura que apresenta rendimento semelhante ao diesel mineral “puro” (DeMello et al., 2007; Gross, 2008).

Apesar dos problemas levantados, este biocombustível apresenta qualidades interessantes: ele é totalmente renovável, apresenta baixa toxicidade, não aumenta os níveis de gás carbônico da atmosfera. Estes diferenciais tornam o biodiesel como um potencial substituto do diesel (Sharid e Jamal, 2008; Glaude et al., 2010; Pokoo-Aikins et al., 2010).

#### **1.1.4. QUALIDADE, RESULTADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE**

O controle do biodiesel é estabelecido por padrões de qualidade nacionais e internacionais, como a norma ASTM D6751 seguida nos Estados Unidos e a EN 14214 seguida na Europa. Estas normas estabelecem procedimentos, características e propriedades físico-químicas que auxiliam na manutenção de um combustível de qualidade. O Brasil segue a Resolução ANP 07/2008, que é baseada nas normas citadas.

Questões como: contaminação do meio ambiente devido às emissões deste combustível; segurança no transporte e no manuseio do combustível; a possível degradação do produto durante o processo de estocagem; devem ser respondidas e controladas.

Inicialmente, as especificações do biodiesel foram diretamente transcritas das do diesel de petróleo. A Áustria foi o primeiro país a definir e aprovar padrões de qualidade específicos para biodiesel, aplicados a ésteres metílicos de óleo de colza (Lobo e Ferreira, 2009). Atualmente, o biodiesel brasileiro deve se enquadrar nos itens da Resolução ANP 07/2008, apresentada na tabela 3.

Embora o controle de alguns parâmetros: densidade, teor de água, viscosidade cinemática, ponto de fulgor e ponto de entupimento, tenham origem na normatização do diesel mineral, eles fornecem resultados bastante esclarecedores quanto à qualidade do biodiesel (Lobo e Ferreira, 2009; Monteiro et al., 2008).



**Tabela 3: Especificações do Biodiesel segundo a Resolução ANP 07/2008.**

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO		
			ABNT NBR	ASTM D	EN/ISO
Aspecto	-	LII (1)	-	-	-
Massa específica a 20° C	kg/m³	850-900	7148 14065	1298 4052	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	Mm²/s	3,0-6,0	10441	445	EN ISO 3104
Teor de Água, máx. (2)	mg/kg	500	-	6304	EN ISO 12937
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24	-	-	EN ISO 12662
Ponto de fulgor, mínimo (3)	°C	100,0	14598	93	EN ISO 3679
Teor de éster, mínimo	% massa	96,5	15764	-	EN 14103
Resíduo de carbono (4)	% massa	0,050	15586	4530	-
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	6294	874	EN ISO 3987
Enxofre total, máx.	mg/kg	50	-	5453	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Sódio + potássio, máx.	mg/kg	5	15554 15555 15553 15556	-	EN 14108 EN 14109 EN 14538
Cálcio + magnésio, máx.	mg/kg	5	15553 15556	-	EN 14538
Fósforo, máx.	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número de cetano (5)	-	Anotar	-	613 6890 (6)	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	19 (7)	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50	14448	664	EN 14104 (8)
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15341 15771 15341 15771	6584 (8) -	EN 14105 (8) EN 14106 (8)
Glicerol total, máx.	% massa	0,25	15344 -	6584 (8) -	- EN 14105 (10)
Mono, di, triacilglicerol (5)	% massa	Anotar	15342 15344	6584 (8)	- EN 14105 (8)
Metanol ou etanol, máx.	% massa	0,20	15343	-	EN 14110
Índice de lodo (5)	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.(2)	h	6	-	-	EN 14112 (8)

**Legenda:** (1) Límpido e isento de impurezas com anotação da temperatura de ensaio. (2) O limite indicado deve ser atendido na certificação do biodiesel pelo produtor ou importador. (3) Quando a análise de ponto de fulgor resultar em valor superior a 130°C, fica dispensada a análise de teor de metanol ou etanol. (4) O resíduo deve ser avaliado em 100% da amostra. (5) Estas características devem ser analisadas em conjunto com as demais constantes da tabela de especificação a cada trimestre civil. Os resultados devem ser enviados pelo produtor de biodiesel à ANP, tomando uma amostra do biodiesel comercializado no trimestre e, em caso de neste período haver mudança de tipo de matéria-prima, o produtor deverá analisar número de amostras correspondente ao número de tipos de matérias-primas utilizadas. (6) Poderá ser utilizado como método alternativo o método ASTM D6890 para número de cetano. (7) O limite máximo de 19°C é válido para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Bahia, devendo ser anotado para as demais regiões. O biodiesel poderá ser entregue com temperaturas superiores ao limite supramencionado, caso haja acordo entre as partes envolvidas. Os métodos de análise indicados não podem ser empregados para biodiesel oriundo apenas de mamona.(8) Os métodos referenciados demandam validação para as matérias-primas não previstas no método e rota de produção etílica.

#### **1.1.4.1. TEOR DE ÁGUA**

A presença de água na reação de produção de biodiesel pode levar à formação de sabão numa catálise básica. Em altas temperaturas, a presença de água promove a hidrólise dos ésteres de ácido graxo, formando ácido graxo livre (Lira et al., 2010).

No combustível, a água pode causar problemas no motor, como, provocar corrosão do tanque e nos componentes metálicos (Lira et al., 2010).

#### **1.1.4.2. TEOR DE ÁLCOOL**

Os álcoois geralmente usados para a produção de biodiesel são: o metanol, o etanol, o propanol, o butanol e o álcool amílico (Demirbas, 2008; Geris et al., 2007). Os álcoois de cadeia pequena possuem maior poder nucleofílico (Bajpai e Tyagi, 2006).

O metanol residual no biodiesel tem a propriedade de causar corrosão dos componentes metálicos, principalmente do alumínio. Metanol ou etanol residual diminuem o ponto de fulgor do biodiesel (Boog et al., 2011).

#### **1.1.4.3. PONTO DE FULGOR**

O ponto de fulgor é a medida da tendência do combustível formar uma mistura combustível com o ar (Aricetti, 2010). É uma propriedade que avalia o risco de inflamabilidade do combustível (Bajpai e Tyagi, 2006).

Comparando-se o ponto de fulgor do diesel com o ponto de fulgor do biodiesel, este último apresenta maior temperatura. Isso atribui maior segurança para este combustível, pois diminui o risco de inflamabilidade (Bajpai e Tyagi, 2006).

#### **1.1.4.4. VISCOSIDADE**

A viscosidade é a resistência do líquido ao fluxo, estando relacionada com as insaturações e com o comprimento da cadeia carbônica das moléculas que constituem o fluído. Ela diminui com o aumento do índice de iodo (Jain e Sharma, 2010).

A viscosidade do biodiesel (3 a 6 mm<sup>2</sup>/s) é a propriedade que mais afeta o funcionamento dos equipamentos de injeção do combustível no motor. Ela é, em média, maior que a do diesel (1,6 a 6 mm<sup>2</sup>/s), e menor do que a dos óleos e gorduras (20 a 45 mm<sup>2</sup>/s) (Knothe e Steidley, 2005). A viscosidade pode aumentar, em baixas temperaturas, e isso causa a interrupção do fluxo de combustível.

#### **1.1.4.5. ÍNDICE DE ACIDEZ**

O índice de acidez é um parâmetro utilizado no controle de qualidade do biodiesel. É obtido, segundo norma vigente, através de uma titulação com solução padronizada de hidróxido de potássio em álcool iso-propílico, estando este valor relacionado com a concentração de ácidos graxos livres (Aricetti, 2010).

A presença destes ácidos relaciona-se com a degradação dos ésteres de ácido graxo resultantes da produção do biodiesel, podendo reduzir a vida útil do biodiesel.

Um biodiesel com elevada concentração de ácidos graxos livres provoca a formação de depósitos no motor e no injetor de combustível (Mahajan et al., 2006).

#### **1.1.4.6. ÍNDICE DE IODO**

O índice de iodo pode ser entendido como uma medida do total de insaturações. Entretanto, esta técnica não distingue as diferenças estruturais dos ésteres de ácidos graxos, tais como: a natureza da cadeia, a posição das insaturações na cadeia e sua quantidade (Bouaid et al., 2009).

O biodiesel deve ter índice de iodo limitado, pois, no aquecimento que ocorre no motor, o combustível contendo alta concentração de ésteres de ácido graxo poli-insaturados sofrerá reações de polimerização, que levam à formação de depósitos (Ramos et al., 2009).

#### **1.1.4.7. NÚMERO DE CETANOS**

O número de cetano é um parâmetro de qualidade do diesel. Ele está relacionado com o tempo de retardo da ignição e com a qualidade da combustão (Bajpai e Tyagi, 2006). Quanto maior o número de cetano, melhores são as propriedades de ignição do combustível (Ramos et al., 2009; Demirbas, 2009). Aricetti (2010) demonstrou que existe relação entre o número de cetanos e o índice de iodo.

#### **1.1.4.8. GLICERINA LIVRE E GLICERINA TOTAL**

Quando a reação de transesterificação não é completa e o processo de purificação não é eficiente, a glicerina torna-se um contaminante do biodiesel

A presença de glicerina no biodiesel tem a propriedade de aumentar a sua viscosidade (Bajpai e Tyagi, 2006). Ela causa danos diversos no automóvel, uma vez que o glicerol pode causar entupimento do injetor, formar polímeros no motor, além de implicar na emissão de gases poluentes e substâncias tóxicas como a acroleína (Plank e Lobeer, 1995; Mittelbach, 1995).

#### **1.1.4.9. ESTABILIDADE OXIDATIVA**

A estabilidade oxidativa expressa a susceptibilidade à oxidação do biodiesel sob exposição ao ar (Ramos et al., 2009). A norma EN 14112, define que esta propriedade é determinada pelo método Rancimat, que mede o tempo em que o biodiesel inicia a degradação a 110°C sob um fluxo de oxigênio.

O método Rancimat acelera as reações de degradação do biodiesel quando este é exposto ao ar. A oxidação causa a formação de compostos oxigenados que aumentam a viscosidade do biodiesel, podendo interromper o fluxo de combustível.

#### **1.1.4.10. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO**

O ponto de entupimento a frio é a menor temperatura na qual o fluxo de biodiesel é interrompido, pois em baixa temperatura o biodiesel tende a solidificar parcialmente ou perder sua fluidez.

Isso leva a problemas de interrupção do fluxo de combustível, com entupimento do sistema de filtração do combustível, ocasionando problemas na partida do motor. Informações a cerca do ponto de entupimento são importantes para que se possa prever o seu comportamento em situações de abaixamento da temperatura ambiente. Geralmente, a norma que delimita o ponto de entupimento a frio do biodiesel é condicionada à sazonalidade do clima (Lobo e Ferreira, 2009).

#### **1.1.5. PRODUÇÃO MUNDIAL DE BIODIESEL**

A produção mundial de biodiesel cresceu muito na última década, em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, a Alemanha e a França que são alguns dos maiores produtores mundiais (Sharid e Jamal, 2008). Em 2009 foram

produzidos mais de 16 bilhões de litros de biodiesel, o dobro do que foi produzido mundialmente em 2006. ([www.earthpolicy.org](http://www.earthpolicy.org), 2012)

Os Estados Unidos produziram 4 bilhões de litros em 2010. Já a Europa produziu 9 bilhões de litros sendo que a Alemanha e a França contribuíram com 2,9 e 1,9 bilhões de litros respectivamente ([www.ers.usda.gov](http://www.ers.usda.gov), 2012 e [www.ebb-eu.org](http://www.ebb-eu.org), 2012).

O Brasil tornou-se um dos principais países produtores de biodiesel nos últimos anos. Atualmente a capacidade brasileira de produção é de quase 5 bilhões de litros. A produção em 2009 foi de 3,6 bilhões de litros e em 2008 foi de 1,7 bilhões de litros ([www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br), 2012). Um expressivo aumento de produção tende a continuar ocorrendo, com a antecipação da introdução do B5, a partir da Resolução 06/2009, que aumentou de 4,0 para 5,0 % a adição do biodiesel ao diesel em 1º de janeiro de 2010 e com a Resolução 02/2011, que dá as diretrizes para a faixa de concentração que vai do B6 ao B20 ([www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br), 2012).

As previsões do aumento da produção de biodiesel no mundo tornam-se ainda mais consistentes quando se inclui o posicionamento de outros países frente ao assunto. Por exemplo, o Canadá já incluiu 2% de biodiesel ao diesel de petróleo em 2011. A Índia pretende usar o B5 em 2012 e implementar o B10 até 2017. ([www.greatlakesbiodiesel.ca](http://www.greatlakesbiodiesel.ca), 2012, [www.tistr.or.th](http://www.tistr.or.th), 2012).

Apesar do crescente uso do biodiesel, a quantidade produzida deste combustível é pequena em comparação aos volumes do diesel. Em 2000 foram aproximadamente 650 bilhões de litros de diesel de petróleo e em 2005 este volume aumentou para 765 bilhões de litros ([www.earthtrends.wri.org](http://www.earthtrends.wri.org), 2012).

O Brasil consumiu, no ano 2000, 35 bilhões de litros de diesel, passando para 39 bilhões de litros em 2005 e 44 bilhões de litros em 2009. No último ano o país consumiu 52 bilhões de litros de diesel, sendo que este corresponde a 50% do combustível consumido no país ([www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br), 2012).

### 1.1.6. ASPECTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DO BIODIESEL

O biodiesel, além de ser uma energia segura e renovável, tornou-se uma alternativa para reduzir as emissões de gás carbônico porque as plantas, de onde em última instância este combustível provem, sequestram o CO<sub>2</sub> da biosfera. Também, o seu uso terá como consequência a dilatação do tempo de duração das reservas de combustíveis fósseis (Somerville, 2007; Hammond et al., 2008; Demirbas, 2007).

Apesar do caráter relativamente otimista expressado pelos autores logo acima citados, essa situação somente pode ser aplicada à um estado de manutenção ou mesmo de diminuição dos níveis atuais de emissões.

Outro aspecto importante do biodiesel é o fato de ele ser mais amigável ao meio ambiente por produzir menor quantidade de NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> e hidrocarbonetos do que o diesel de petróleo, considerando-se o balanço de massas. Os NO<sub>x</sub> e o SO<sub>x</sub> são poluentes, afetam o sistema respiratório, o sistema nervoso e causam doenças de pele. O biodiesel é um potencial redutor destes tipos de problemas (Sharid e Jamal, 2008; Glaude et al., 2010; Pokoo-Aikins et al., 2010; Gross, 2008).

Glaude et al. (2010) apontaram que o uso do biodiesel aumenta as emissões de NO<sub>x</sub> nos atuais motores a diesel. Além disso, estudos de laboratório mostraram que o uso de misturas diesel-biodiesel pode aumentar a emissão de materiais particulados (Mazzoleni et al., 2007). Neste ponto existem contradições entre os autores, sendo que a falta de correta manutenção ou ajuste adequado dos motores utilizados para os testes e, também, a qualidade do biodiesel utilizado pode ter levado os mesmos a estas conclusões.

Na questão social, a discussão alimento *versus* combustível tem se tornado uma constante tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento (Hall et al., 2009; Cardone et al., 2002).

Cardone et al. (2002) apontam para o aumento do consumo de pesticidas e de fertilizantes. A irrigação de plantações visando a produção de biocombustíveis pode elevar o consumo de água e tornar-se um problema no futuro. Neste caso,

opções de culturas que são realizadas sem irrigação, como a cana-de-açúcar, tornam-se fundamentais para produção em larga escala (Schneider, 2010).

Hall et al. (2009) apontaram o crescimento das áreas de produção de biocombustíveis em regiões originalmente ocupadas por alimentos, bem como a exclusão de pequenos produtores.

O Brasil é reconhecido mundialmente por suas iniciativas em biocombustíveis e, devido à extensa área cultivável, tem potencial para se tornar o maior centro de produção de biocombustíveis do planeta. Entretanto, o PróÁlcool (etanol como combustível de veículos em substituição à gasolina), com a monocultura da cana de açúcar é criticado por não ser acessível aos pequenos produtores (Hall et al., 2009). Apesar do elevado consumo de etanol no país, a produção está concentrada principalmente no estado de São Paulo, e nas mãos dos grandes produtores. Se não aprendermos com a história, o estabelecimento de uma indústria agrícola de biocombustíveis internacional poderá levar à consequências ecológicas sociais e econômicas graves (Murphy e Powercy, 2009; Comyns, 2006; Pokoo-Aikins et al., 2010).

Uma das formas de solucionar estes problemas seria o uso de resíduos e descartes para produção de biodiesel. Pode ser citado como exemplo o uso de resíduo de óleos e gorduras de cozinhas industriais e residenciais, bem como o uso de gordura animal (Bhatti et al., 2008). A competição alimento *versus* combustível seria diminuída, além de poder implicar em produto final mais barato (Ma e Hanna, 1999).

A gordura animal é rica em moléculas saturadas. Reduzindo a quantidade de moléculas insaturadas na composição do biodiesel poderiam ser reduzidas as emissões de NOx. Segundo Glaude et al. estas emissões crescem linearmente com o aumento do valor do Índice de Iodo, que indica a quantidade de insaturações presentes (Glaude et al., 2010).

Porém, o aumento no nível de saturados na composição do biodiesel vai afetar as principais propriedades físicas relacionadas na formulação do combustível para um motor diesel: viscosidade, ponto de entupimento e densidade (Abolle et al., 2009). Justamente, para auxiliar a formulação dos combustíveis



visando solucionar este problema, o trabalho realizado nesta tese se relaciona com o uso de aditivos no biodiesel e em suas misturas com diesel mineral.

## **1.2. ADITIVOS**

A palavra aditivo é derivada do latim *additivus*, ou seja, o que se adita ou acrescenta; aquilo que se acrescenta a algo para alterar determinada característica ou melhorar alguma propriedade (www.priberam.pt, 2012). São substâncias ou misturas de substâncias utilizadas em pequenas quantidades objetivando fazer com que o composto aditivado tenha uma ou mais de suas propriedades alteradas de modo a atingir características desejadas. Entretanto esta definição vem se transformando, o etanol anidro é adicionado de 20% até 25% na gasolina brasileira e pode ser considerado um aditivo (www.anp.gov.br, 2012).

### **1.2.1. ADITIVOS EM COMBUSTÍVEIS**

O mercado de combustíveis possui inúmeros aditivos com variadas funções, por exemplo: aumento de potência, proteção anti-congelamento, proteção anti-oxidação, redução de particulados, redução de emissões, entre outros.

Trata-se de uma área de grande interesse, o que é evidenciado pela quantidade de patentes requeridas, números de pesquisadores e pela variedade de produtos disponibilizados ao consumidor (Keskin et al., 2007 e Boshui et al., 2010).

Vários fatores externos, vinculados às propriedades intrínsecas do combustível, podem determinar a finalidade do aditivo. É assim que características regionais, como temperatura, disponibilidade de materiais, terão grande impacto nos desenvolvimentos destes compostos (Letoffe et al., 1995).

Atualmente, a adição de biocombustíveis aos combustíveis derivados de petróleo tem se tornado comum. O Brasil tem usado de 20% a 25% de etanol anidro na gasolina comercializada no país (www.anp.gov.br, 2012). Nos Estados Unidos, a adição de etanol tem chegado a 15% (www.epa.gov, 2012). Desta forma a definição de “adição de pequenas quantidades de um produto...” não atende mais de modo adequado. Mesmo assim, ainda é válida para os aditivos geradores de performance, inclusive porque um dos principais motivos para a adição de etanol à gasolina é mais motivado por razões econômicas do que para a alteração de suas propriedades.

Nos dias de hoje, o uso de aditivos de alta performance é essencial para ajustar propriedades requeridas em um combustível como, por exemplo, proteger os componentes do motor e ainda proteger o ambiente (Hancso'ka et al., 2008). Os aditivos para combustíveis possuem papel importante no processo de combustão, pois eles são adicionados para reduzir a emissão de fuligem, e para melhorar a faísca usada nos sistemas de ignição dos motores (Kasper et al, 1999).

No biodiesel, os aditivos são usados para diminuir algumas desvantagens deste combustível em relação ao diesel de petróleo, tais como: baixa lubricidade, baixa qualidade de ignição e problemas de entupimento a frio. Os aditivos para diesel e/ou biodiesel têm sido desenvolvidos com funções de melhorar a ignição e a eficiência do combustível, estabilizar as misturas de combustível, proteger o motor da abrasão e da deposição e reduzir a emissão de poluentes (Bezaire et al., 2010).

### **1.2.2. COMPOSIÇÃO DOS ADITIVOS**

Para melhoria da lubricidade do diesel de petróleo, foi sugerido o uso de ésteres metílicos de ácidos graxos, com adições em níveis de 1% (Geller e Goodrum, 2004).

Complexos metálicos de manganês, magnésio, cobre e cálcio foram sintetizados para serem usados como aditivos em diesel. Estes aditivos reduziram

o ponto de entupimento do diesel, e foram, ao mesmo tempo, efetivos para aumentar o número de cetanos, melhorar a combustão e reduzir as emissões atmosféricas (Guru et al., 2002). Aditivos baseados em complexos metálicos no biodiesel apresentam efeitos de aumento da potência, na redução da emissão e na redução do consumo de combustível em um motor diesel (Keskin et al., 2007; Burtscher et al., 1998).

Para melhorar a estabilidade oxidativa do biodiesel, agentes antioxidantes comumente usados em alimentos foram testados, como exemplo o BHT (hidroxitolueno butilado ou 2,6-di-terc-butil-4-metil fenol) e o BHA (hidroxianisol butilado ou os isômeros 2-terc-butil-4-hidroxianisol e 3-terc-butil-4-hidroxianisol). Apesar de serem efetivos, Karavalakis et al. (2011) estudaram a terc-butil hidroquinona (TBHQ), o propil gallato (PG) e o pirogallol (PG) mostrando que estes são mais efetivos do que os comumente utilizados em alimentos.

O uso de detergentes para neutralizar a formação de depósitos no motor ocorre frequentemente na produção de aditivos para combustíveis. A maior parte dos aditivos detergentes está baseada predominantemente em poli-isobutileno (PIB-amina, PIB-succinimida, etc.) e misturas de ácidos carboxílicos, cuja dosagem recomendada é comumente de 1,5% a 2% de aditivo (Hancsóka et al., 2008).

Outra aplicação importante de aditivos é para a redução do ponto de entupimento a frio. Chastek (2011) testou 13 polímeros aditivos, baseados em compostos alquílicos metacrilatos e verificou que os polilauril metacrilatos são muito eficientes para melhorar esta propriedade. Já Boshui et al. (2010) testaram polímeros como polimetil acrilato (PMA), o copolímero éster-olefina (OECP) e o copolímero etileno vinil acrilato (EACP) e verificaram que tais compostos causam redução do ponto de entupimento.

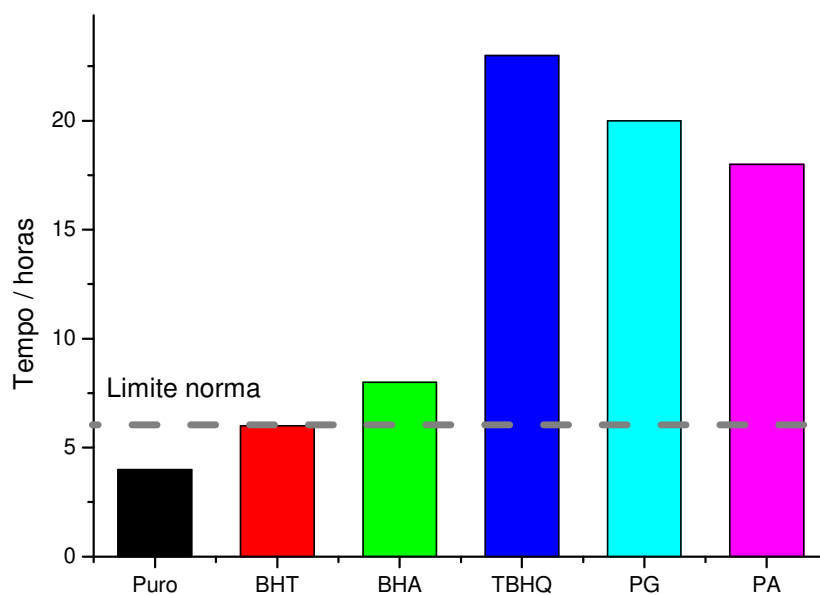
### 1.2.3. PROPRIEDADES DOS ADITIVOS EM COMBUSTÍVEIS

As diversas funções dos aditivos são concebidas para melhorar alguma propriedade do combustível. Foram, por exemplo, produzidos aditivos a partir de complexos metálicos, visando reduzir o ponto de fulgor do combustível, o foi alcançado pelo aumento da pressão de vapor do mesmo (Guru et al., 2002).

Um problema bem comum enfrentado por motores a diesel é a questão do fluxo de combustível. Para resolvê-lo são usados aditivos que são, comumente, polímeros dispersantes. Eles diminuem o tamanho e o formato dos cristais formados. Isso permite que o líquido remanescente flua adequadamente em temperaturas mais baixas, sendo seja capaz de passar pelos filtros.

Aditivos poliméricos, como a tetraetilenopentamina propenoxilada facilitam a filtração do diesel ou da mistura diesel-biodiesel melhorando a eficiência do combustível, pois reduzem o ponto de entupimento de 4°C a 6°C, quando usadas em quantidades que variaram de 400 ppm a 600 ppm (El-Gamal e Al-Sabbagh, 1996).

No caso do biodiesel, a questão da oxidação é um problema relevante, uma vez isto altera suas propriedades. Tal característica está diretamente ligada à origem do biodiesel. Quanto maior a presença de insaturações nas composições do óleo que o geraram, maior será sua propensão de sofrer oxidação. Para esta situação existem aditivos que minimizam este problema. Por exemplo, os aditivos produzidos a partir de antioxidantes fenólicos são capazes de triplicar o período de estabilidade mínimo estabelecido pela norma EN 14112 (Karavalakis et al., 2011). Na figura 3 podem ser vistos resultados obtidos, usando a técnica de medida de estabilidade oxidativa (método Rancimat), para aditivos antioxidantes fenólicos.



**Figura 3:** Medidas de estabilidade oxidativa (método Rancimat) de amostras de éster metílico tratadas com antioxidantes fenólicos (**BHT**, hidroxitolueno butilado ou 2,6-di-terc-butil-4-metil fenol; **BHA**, hidroxianisol butilado ou isômeros 2-terc-butil-4-hidroxianisol e 3-terc-butil-4-hidroxianisol; **TBHQ**, terc-butil hidroquinona; **PG**, propil gallato e **PG** pirogallol). Conforme Resolução ANP 07/2008 (EN 14112) (Karavalakis et al., 2011).

#### 1.2.4. USOS E APLICAÇÕES DOS ADITIVOS EM COMBUSTÍVEL

Os aditivos nos combustíveis são os mais diversos, sendo que seu uso e dosagem podem variar dependendo do tipo de aditivo utilizado, da finalidade, do custo, etc. Caroa et al. (2001) trabalharam com aditivos para diesel com o intuito de melhorar o desempenho dos motores e obter uma combustão de qualidade. Eles utilizaram 2% em massa de etanol como aditivo, através de misturas com o diesel, e verificaram a eficácia do mesmo nas propriedades citadas.

Os aditivos antioxidantes podem ser aplicados para melhorar o problema da oxidação do biodiesel na presença de O<sub>2</sub> do ar, garantindo o padrão de qualidade. Esses aditivos retardam a oxidação dos ésteres insaturados do biodiesel por reagirem com radicais livres que se formam no biodiesel impedindo reações de oxidação em cadeia (Karavalakis et al., 2011).

Alguns aditivos são capazes de reduzir a emissão de óxidos de nitrogênio formados na combustão do biodiesel (Bozbas, 2008).

Outra aplicação muito comum dos aditivos em combustível é para resolver problemas de fluidez no trajeto que vai do tanque ao motor. Esse tipo de problema é conhecido como entupimento a frio. A literatura mostra que são comuns duas estratégias para resolvê-lo: como: a diluição e uso de aditivos (Chastek, 2011). A diluição consiste em adicionar uma substância componente do biodiesel com menor ponto de congelamento sendo usados, frequentemente, ésteres insaturados. Ao aumentar a porcentagem de insaturados com menor ponto de congelamento, diminuindo conseqüentemente a porcentagem de saturados com maior ponto de congelamento, espera-se a redução do ponto de entupimento. Porém esta dinâmica requer altos investimentos em controles e seleção de matérias-primas mais adequadas nas produções das frações necessárias. Diluição com a inclusão de diesel, bem como com a adição de ésteres de cadeia ramificada também são práticas utilizadas devem ser consideradas (Boshui et al., 2010).

A alternativa que tem se mostrado mais promissora e mais atraente para melhoria do ponto de entupimento é a introdução de aditivos. Atualmente uma grande variedade tem sido usada no diesel, no biodiesel e em suas misturas para melhorar a propriedade de fluidez (Boshui et al., 2010, El-Gamal e Al-Sabbagh, 1996 e Chiu et al., 2004).

Problemas enfrentados pelo congelamento de misturas diesel-biodiesel, B6 a B20, durante o inverno, têm se apresentado constantemente. Isso torna necessário um melhor entendimento das condições operacionais destas misturas em tempo frio (Alleman et al., 2011).

Chiu et al. (2004) estudaram o ponto de entupimento a frio do biodiesel de soja e de suas misturas com querosene nas concentrações 100% (B100), 80% (B80) e 90% (B90). Eles testaram aditivos disponíveis no mercado com funções: antigelificantes, depressores de ponto de congelamento e redutores de viscosidade, nas concentrações de 0,1% a 2%. Os autores conseguiram obter uma redução de 6°C no ponto de entupimento, com o uso de 2% de um aditivo depressor do ponto de congelamento. Eles acreditam que os aditivos reduzem o tamanho e o formato das partículas sólidas formadas no biodiesel.

O uso de polilauril metacrilatos, como aditivos para redução do ponto de entupimento a frio, forneceu reduções de 2°C a 8°C (Chastek, 2011). Este autor fez uma observação interessante: “É notado que o ponto de congelamento, visivelmente observado pela formação de cristais, é distinto do ponto de fluidez”. No Japão foi patenteado um aditivo a base de mistura de 2-etilhexil nitrato e alquil nitrato (C7-9), na proporção de 85:15 que promove proteção contra congelamento no inverno, além de remover depósitos e de ser um acelerador de ignição (Iwakura et al., 1998).

No caso da presente tese, a ideia principal foi a de identificar produtos, preferencialmente de origem natural, portanto de caráter renovável, que pudessem diminuir o ponto de entupimento a frio de biodiesel e de suas misturas com diesel. Deste modo, a nossa atenção centrou-se principalmente no maior grupo de produtos naturais conhecidos e utilizados atualmente, os terpenos.

### **1.3. TERPENOS**

Os óleos essenciais são compostos naturais, conhecidos há milhares de anos, que encontram amplo campo de utilização, por exemplo aromatizantes, limpadores e medicamentos. Geralmente o processo de extração de óleos essenciais resulta em produtos que podem ser divididos em três frações: **i)** a maior quantidade são os hidrocarbonetos terpênicos (60% a 98% em massa),

considerados subprodutos com características indesejadas de odores; **ii**) terpenos oxigenados, a fração de maior interesse econômico que apresenta as características de odor e sabor; **iii**) resíduos não voláteis (Melo et al., 1996).

Os terpenos ou terpenoides são compostos produzidos naturalmente por muitas espécies de vegetais. Um exemplo é o limoneno, que é um monoterpene monocíclico que faz parte da estrutura de mais de 300 vegetais. Eles estão relacionados com uma ampla variedade de funções e interações das plantas com outros organismos. São responsáveis por atividades como a defesa contra herbívoros e organismos patogênicos e a atração olfativa de dispersores de sementes (Maróstica Jr. e Pastore, 2007; Martin e Bohlmann, 2004).

Devido a estas propriedades, os terpenos têm se mostrado como importantes direcionadores de qualidade na agricultura, viticultura e horticultura (Martin e Bohlmann, 2004).

Os resíduos da produção de cítricos têm sido usados como geradores de terpenos mais valorizados. Estes compostos podem ser considerados matéria prima natural e renovável. Usá-los pode se tornar um processo consistente de desenvolvimento sustentável. Eles são subprodutos de matérias primas naturais, o que significa que o seu uso reduz a poluição ao meio ambiente, diminui o consumo de energia e promove maior valor agregado (Luengoa et al., 2011).

Mesmo antes de se cogitar da questão do desenvolvimento sustentável, as características moleculares dos terpenos fizeram com que eles tornassem uma ponte entre produtos naturais de fonte renovável e materiais artificiais (Kawagoe et al., 2010). Por serem os terpenos compostos amplamente distribuídos na natureza, os isômeros de limoneno e pineno, estão entre os mais abundantes produtos produzidos no planeta (Trytek et al., 2007).

O uso de subprodutos da produção de suco de laranja, como é o caso do limoneno, e da produção de madeira e papel, como é o caso da terebentina, contribui com a questão do desenvolvimento sustentável.

Pourbafrani et al. (2010) investigaram a possibilidade de usar os resíduos da produção de cítricos como fonte para produção de biocombustíveis. Eles



verificaram que o maior obstáculo foi a presença do limoneno nos resíduos, pois este terpeno inibe os microrganismos produtores de etanol.

O limoneno é uma matéria prima natural, biodegradável e de baixa toxicidade (LD50 5g/kg oral para ratos). Em condições de oxidação, o limoneno pode ser intermediário de produção de carvona, carveol, óxido de limoneno, epóxido de limoneno que possuem preços de 5 a 10 vezes maiores do que o limoneno (Luengoa et al., 2011).

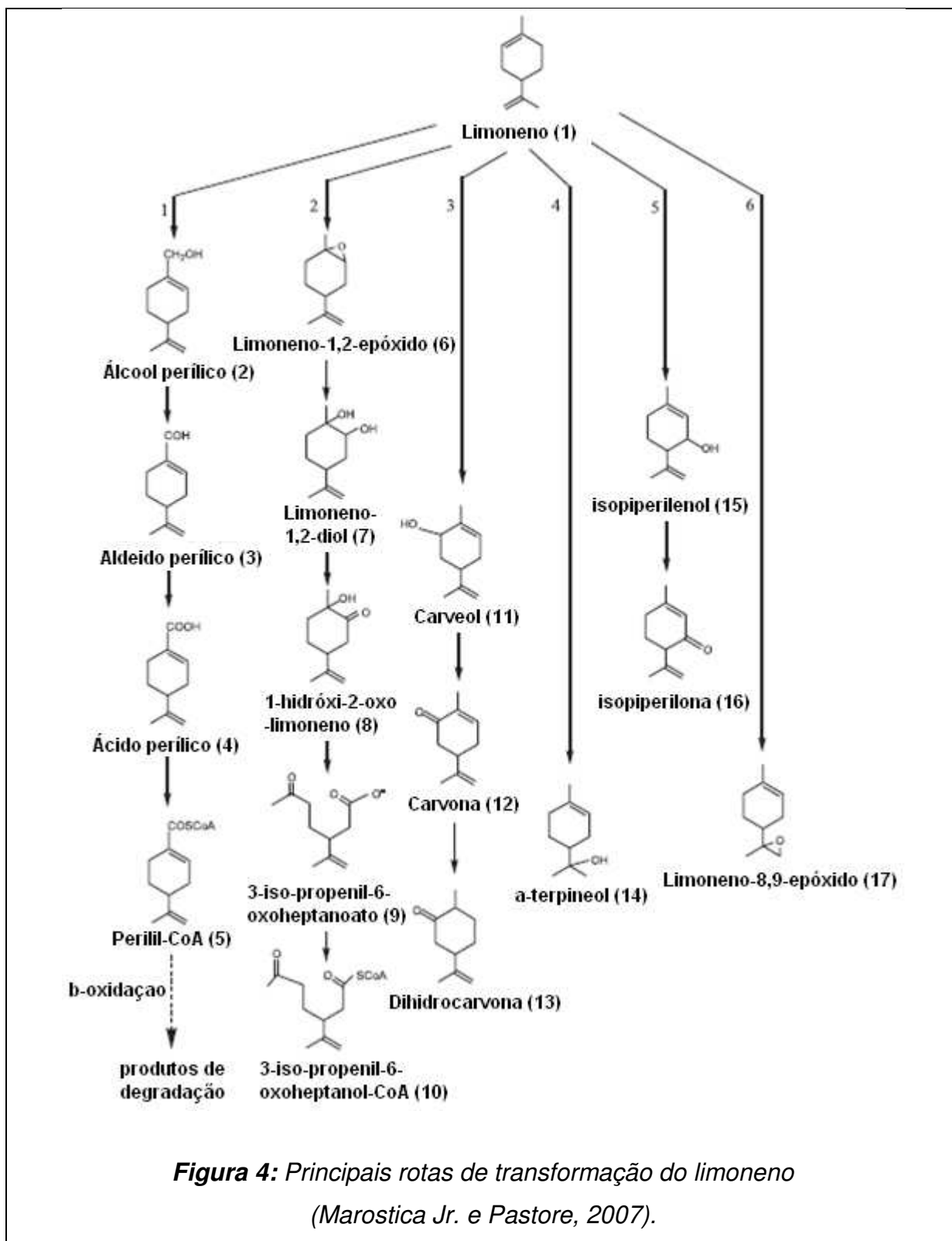
A terebentina é composta principalmente de isômeros de pineno. Ela pode ser encontrada em diversos locais do mundo, sendo usada para diversos propósitos (Ozcan et al., 2009). A terebentina é um dos subprodutos da produção de madeira de pinho e da produção de papel. Este terpeno pode ser um grande aliado na confecção de produtos baseados no desenvolvimento sustentável, por exemplo, quando usado na substituição de solventes derivados de petróleo (Yang et al., 2011).

### **1.3.1. HISTÓRICO**

O período entre 1945 e 1960 marcou o início da indústria de suco de laranja na Flórida nos Estados Unidos da América do Norte. Nessa época ocorreu um aumento na porcentagem de laranjas destinada ao suco concentrado de menos de 1% para 80%. Isso aumentou a disponibilidade de grandes quantidades de um subproduto desta produção, o limoneno, a baixo custo (US\$ 1–2/kg). O baixo valor estimulou pesquisas científica relacionadas com a utilização deste subproduto (Marostica Jr. e Pastore, 2007).

A existência de alguns compostos medicinais e aromas com fórmulas estruturais semelhantes ao limoneno sugere um grande potencial para a utilização industrial desse rejeito industrial, como precursor de produção de produtos químicos (Marostica Jr. e Pastore, 2007).

A conversão do limoneno em outros produtos é um importante uso para esta matéria prima. Podem ser distinguidas seis rotas principais de conversão do limoneno: **1.** oxidação do radical metila à compostos perílicos; **2.** conversão da dupla ligação do anel ao diol correspondente; **3.** oxidação alílica à carveol e carvona; **4.** epoxidação da ligação dupla na unidade isoprenil a  $\alpha$ -terpineol; **5.** oxidação alílica a isopiperitenol; **6.** epoxidação da ligação 8,9 a limoneno-8,9-epóxido. As rotas de conversão do limoneno estão listadas na figura 4 (Marostica Jr. e Pastore, 2007):



### 1.3.2. PRODUÇÃO

Como são extraídos de produtos naturais, os terpenos apresentam variação em sua composição química, qualitativa e quantitativamente. Estas características dependem do meio ambiente onde ocorre a produção do vegetal. Para minimizar isso é importante que se tenha um processo industrializado robusto de tratamento do vegetal do qual se deseja obter o óleo. Normalmente, o projeto de uma planta industrial para obtenção de óleos essenciais privilegia solubilidade, pressão e temperatura em função do interesse dos produtos a serem produzidos. O que é mais frequentemente recomendado para a extração são temperaturas entre 40°C e 50°C, e pressões menores que 10 Mpa (Sovova et al., 2001).

O processo citado é conhecido como prensagem a frio. É um dos processos mais utilizados para extração de óleos essenciais. Usá-lo resulta em uma grande quantidade de produto final. Outra forma comum de extração de terpenos é a destilação por arraste de vapor. Ambas as técnicas separam os hidrocarbonetos terpênicos, terpenos oxigenados e demais compostos presentes nos óleos vegetais obtidos no processamento. A prensagem a frio e o arraste de vapor auxiliam na concentração dos óleos essenciais de maior valor comercial, resultando em produtos mais estáveis e mais fáceis de serem processados (Melo et al., 1996).

Uma alternativa aos processos industriais citados, e que está se mostrando promissora para a extração e purificação dos terpenos presentes nos óleos cítricos, é a extração com CO<sub>2</sub> supercrítico (Kikic et al., 1996; Melo et al., 1996). Os óleos essenciais são muito solúveis no fluido supercrítico enquanto que os óleos vegetais e ácidos graxos são pouco solúveis. A extração de óleos essenciais é muito influenciada pela presença de ácidos graxos nas plantas utilizadas. Geralmente as sementes contêm aproximadamente 10% de ácido graxo, como estoque de energia para a futura planta, e estes ácidos são miscíveis nos óleos essenciais (Sovova et al., 2001).

A produção mundial de suco de laranja ultrapassa a casa dos 88 milhões de toneladas por ano. O limoneno, em parte responsável pelo aroma do suco de laranja, é um subproduto desta indústria (Tawfik et al., 1998).

A produção do limoneno via extração do óleo presente na casca de produtos cítricos, alcança anualmente volumes entre 60 a 80 milhões de quilogramas (Trytek et al., 2007; citrech.it, 2012). Os Estados Unidos são responsáveis por cerca de 70% desta produção, com quantidades anuais ao redor de 50 milhões de quilogramas deste composto. O Brasil é o segundo maior produtor, com produção anual ao redor de 25 milhões de quilogramas deste terpeno (icis.com, 2012)

A produção da terebentina, extraída da casca do pinus, é um subproduto da indústria da madeira e de papel e celulose. Sua produção mundial alcança valores maiores que o limoneno, chegando a 330 milhões de quilogramas anuais (fao.org, 2012). Melhorias no rendimento da extração deste terpeno poderiam aumentar muito os números atuais de produção. Um projeto patrocinado pelo governo norte americano pretende aumentar o rendimento da produção de terebentina de 3% para 20%, produzindo 420 milhões de litros por ano em 25 mil acres de solo (arpa-e.energy.gov, 2012).

Em termos de valores, a média histórica do custo do limoneno tem sido de 1,50 a 2,00 dólares por quilograma, enquanto que o da terebentina tem se apresentado entre 0,80 a 1,00 dólar por quilograma (icis.com, 2012; moellhausen.com, 2012). Entretanto, no segundo semestre de 2010 os preços destes produtos aumentaram muito. Questões macroeconômicas, clima (seca e inundações), tsunamis, vulcões e furacões reduziram a oferta e os preços atuais estão ao redor de 9,00 dólares por quilograma para o limoneno e 4,50 dólares por quilograma para a terebentina (moellhausen.com, 2012).

### 1.3.3. COMPOSIÇÃO

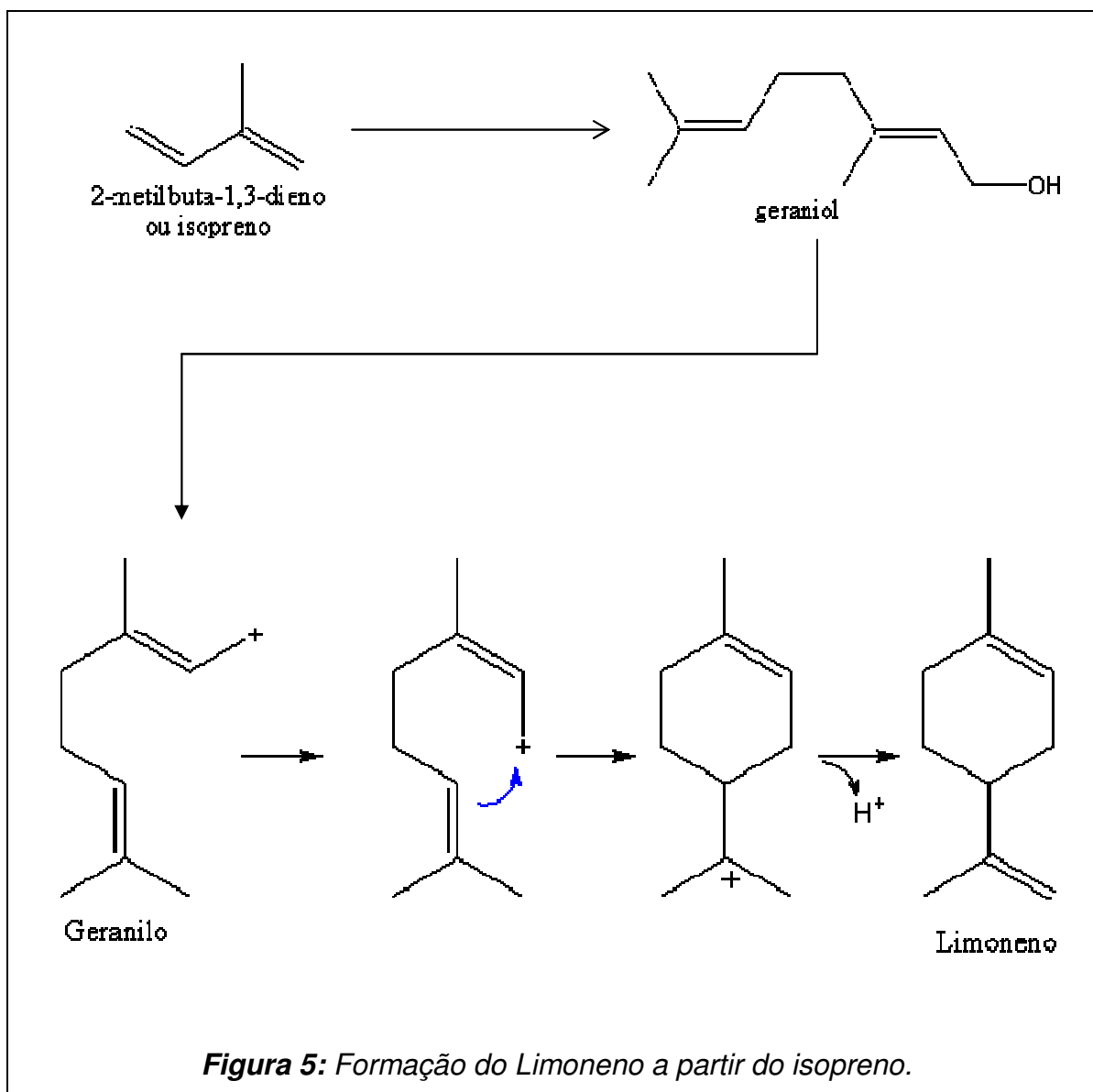
Os terpenos são substâncias derivadas de uma unidade básica chamada de isopreno. Este se origina a partir do pirofosfato de dimetilalila ou do pirofosfato de isopentenila. O isopreno apresenta 5 átomos de carbono que se condensam, assim dando origem aos terpenos. A estrutura química dos terpenos foi estabelecida por Wallach em 1887, pela “regra do isopreno”. Os terpenos foram considerados como constituídos por unidades básicas de isopreno, o que corresponde a uma fórmula geral  $(C_5H_8)_n$ . Assim, os terpenos são classificados de acordo com o número de unidades de isopreno em seu esqueleto carbônico (Erman, 1985):

- monoterpenos (com 2 unidades isopreno e 10 átomos de carbono),
- sesquiterpenos (3 unidades isopreno e 15 átomos de carbono), diterpenos (4 unidades isopreno e 20 átomos de carbono),
- sesterterpenos (5 unidades isopreno e 25 átomos de carbono),
- triterpenos (6 unidades isopreno e 30 átomos de carbono),
- tetraterpenos (8 unidades isopreno e 40 átomos de carbono),
- borracha (que é um polímero de isopreno).

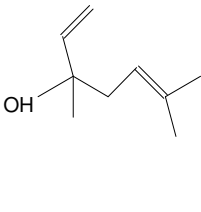
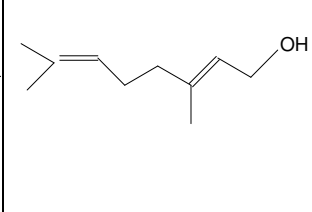
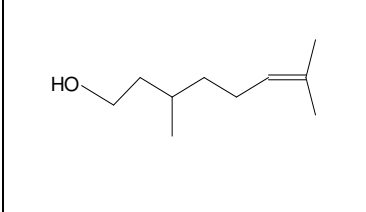
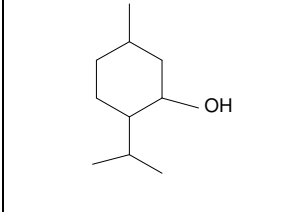
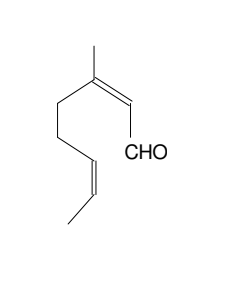
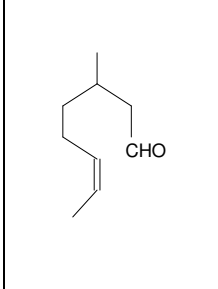
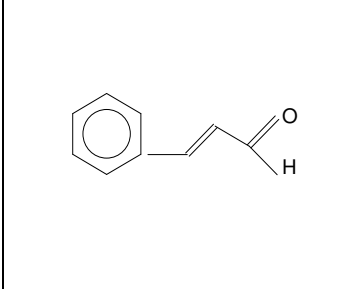
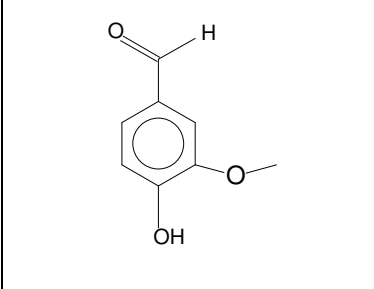
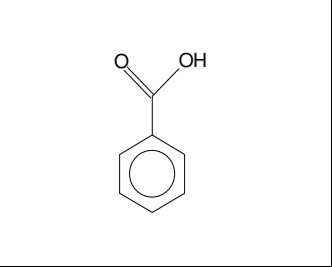
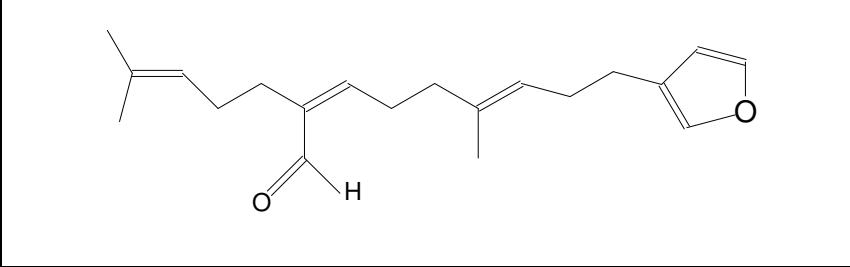
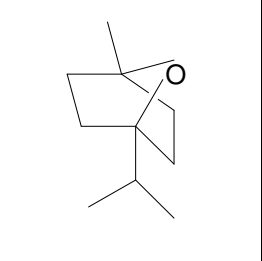
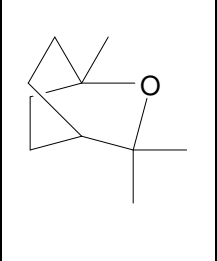
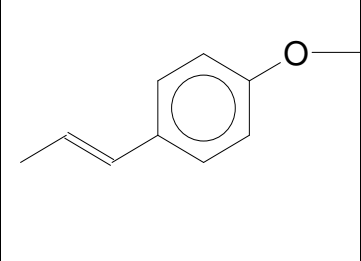
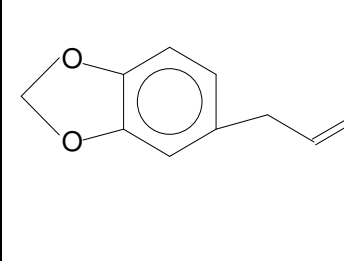
Alguns exemplos de terpenos:

- monoterpenos: pineno, limoneno, canfora, mentol, linalol e citral;
- sesquiterpenos:  $\alpha$ -humuleno,  $\beta$ -cariofileno,  $\beta$ -farneseno e  $\alpha$ -bisabolol;
- diterpenos presentes em várias resinas: copaíba, ésteres de forbol, ginkgolídeos;
- triterpenos: saponinas;
- tetraterpenos ou carotenóides (pigmentos importantes): licopeno,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno;
- politerpenos: borracha látex.

A figura 5 apresenta um esquema de formação do limoneno, um monoterpreno, partindo-se do isopreno.

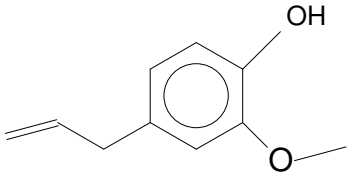
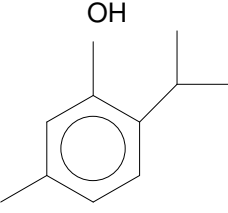
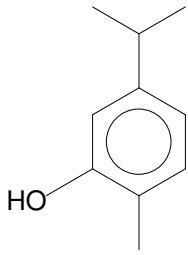
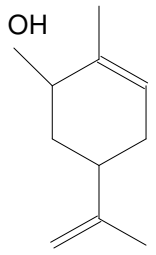
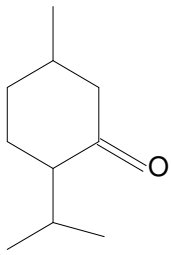
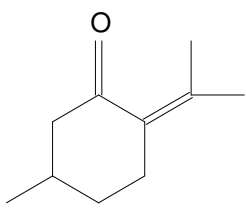
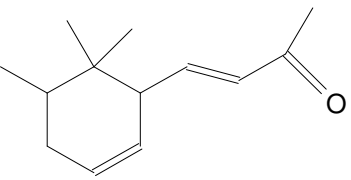
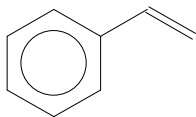
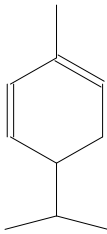
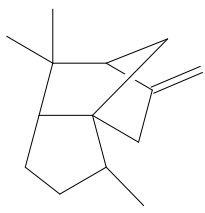
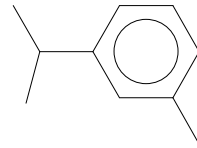


Usualmente a composição dos óleos essenciais é uma mistura de terpenos compostas de várias funções químicas. Nas figuras 6 e 7 podem ser verificadas algumas estruturas de terpenos e suas funções químicas:

<b>Álcoóis</b>			
			
Linalol	Geraniol	Citronelol	Mentol
<b>Aldeídos</b>			
			
Citral	Citronelal	Aldeído Cinâmico	Vanilina
<b>Ácidos Carboxílicos</b>			
			
Ácido Benzóico	Ácido Centipédico		
<b>Ésteres</b>			
			
Cineol	Eucaliptol	Anetol	Safrol

**Figura 6:** Estruturas de terpenos e suas funções químicas.



<b>Fenóis</b>			
			
Eugenol	Timol	Carvacrol	
<b>Cetonas</b>			
			
Carvona	Mentona	Pulegona	Irona
<b>Hidrocarbonetos</b>			
			
Estireno	Felandreno	Cedreno	Cimeno

**Figura 7:** Estruturas de terpenos e suas funções químicas.

### 1.3.4. PROPRIEDADES E USOS

Terpenos são amplamente usados como matéria prima de aromas e de fragrâncias nas indústrias de alimentos e nas indústrias de perfumes. Outros, como os terpenos de pinho, são usados como matéria prima para solventes de tintas e na indústria de produtos de limpeza (Melo et al., 1996).

Porém, diversos relatos na literatura de usos dos terpenos apontam aplicações em outras áreas. Estudos em nutrição e pesquisas médicas apontaram os terpenos como agentes de proteção anticâncer (Martin e Bohlmann, 2004).

Há várias décadas os terpenos vêm sendo usados como alternativa para controle de insetos. Sabe-se que estes componentes são os responsáveis, nos vegetais, pela atração e pela repelência de insetos (Townsend e Llewlynn, 2007; Viegas Jr. 2003) Townsend e Llewlynn (2007) verificaram a efetividade dos terpenos contra infestação de lagartas.

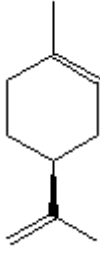
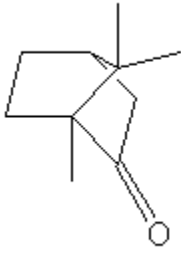

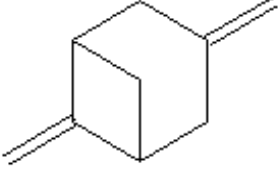
Urrutigoity et al. (2007) mostraram que os terpenos e os terpenos modificados apresentam atividade biológica, com isso eles estão pesquisando novas drogas anti-malária.

Os principais componentes da terebentina são o  $\alpha$ -pineno e o  $\beta$ -pineno. Como principal produto de hidratação da terebentina destaca-se o  $\beta$ -terpineol, que é amplamente utilizado pelas indústrias de cosméticos, indústrias de higiene e limpeza e nas indústrias farmacêuticas (Yang et al., 2011). O pinho, do qual se extrai a terebentina, é um aperitivo usado há milhares de anos para nutrição humana na Turquia. Também encontram-se relatos do uso da terebentina como remédio popular para reumatismo, tosse e diurético (Ozcan et al., 2009).

O limoneno apresenta-se como um substrato de transformações microbiológicas. Possui uma extensa gama de utilização nas indústrias de cosméticos, nas indústrias de higiene e limpeza, e também nas indústrias de alimentos e de bebidas (Trytek et al., 2007). Tawfik (1998) verificou que o limoneno influencia a elasticidade do polietilenotereftalato (PET), apresentando rápida absorção, em diferentes temperaturas. Viegas Jr. (2003) trata o limoneno como uma alternativa para controle de insetos.

A cânfora foi um medicamento popular na França do século XIX (Onuki et al., 2002). A carvona é o componente com importante ação antimicrobiana e, também, com grande efeito no controle de insetos, sendo, ainda, usado como intermediário na produção de agentes antivirais (Carter et al., 2003).

Encontram-se na figura 8 algumas estruturas de terpenos testados neste trabalho:

	
D-limoneno	Cânfora
	
Alfa-Pineno	Beta-Pineno

**Figura 8:** Estrutura molecular de alguns terpenos estudados no presente trabalho.

Além de todas estas aplicações, o presente trabalho propõe o uso destes compostos na composição de aditivos para biocombustíveis. Sendo eles compostos originários de fontes naturais e renováveis, se enquadram nos princípios de química verde.

## 1.4. QUÍMICA VERDE

Atualmente, a tecnologia verde é um assunto que tem recebido a atenção de um número cada vez maior de pesquisadores (Hutchings, 2007). Conforme Manley et al. (2008) a química verde é uma proposta ou um plano, que visa implementar processos ou produtos químicos, capazes de reduzir ou eliminar o consumo e a geração de substâncias perigosas à saúde e ao meio ambiente.

Os princípios teóricos e práticos da química verde estão associados com uma reorientação no paradigma de condução das investigações científicas (Warner et al., 2004). Trabalhar com a química de modo verde torna-se cada vez mais necessário, uma vez que as questões ambientais estão em destaque nas discussões e resoluções nacionais e internacionais.

Temas como a redução da emissão de gases poluentes e a preservação dos recursos naturais estão entre as maiores preocupações mundiais, uma vez que os combustíveis fósseis estão entre os principais responsáveis pelo efeito estufa, por doenças respiratórias e por outros problemas ambientais.

Danos ao meio ambiente e à saúde da população são assuntos que têm provocado uma crescente pressão sobre as indústrias químicas. O desenvolvimento de processos que sejam cada vez menos prejudiciais ao meio ambiente está sendo cobrado tanto pela sociedade civil, como pelas autoridades governamentais (Tundo et al., 2000). A utilização de técnicas químicas e metodologias que reduzam ou eliminem o uso solventes orgânicos, reagentes que gerem menores quantidades de subprodutos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente tornam isso possível (Lenardão et al., 2003).

Atualmente os doze princípios da química verde são ferramentas para implementação de processos químicos menos prejudiciais ao meio ambiente (Anastas e Warner, 1998; Lenardão *et al.*, 2003; Hutchings, 2007):

1. Prevenção - Evitar formar resíduos tóxicos que necessitem de tratamento.
2. Eficiência - Incorporar o máximo dos átomos dos reagentes no produto final.
3. Síntese Segura - Gerar substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4. Desenvolvimento de Produtos - Produtos que após realizarem a função desejada, não sejam danosos ao meio ambiente.
5. Solventes e Auxiliares Seguros - Evitar uso de solventes, agentes de purificação e secantes, e quando inevitável, utilizar substâncias inócuas ou facilmente reutilizáveis.
6. Eficiência Energética - Priorizar processos à temperatura e pressão ambientes para minimizar o uso de energia.
7. Fontes de matérias-primas renováveis - O uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado no desenvolvimento de tecnologias e processos.
8. Formação de derivados - Utilizar processos que reduzam a formação de derivados.
9. Catálise - O uso de catalisadores com a maior seletividade (reacional) possível.
10. Produtos Degradáveis - Os produtos químicos fabricados devem ser biocompatíveis e não devem permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos;
11. Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição - Viabilizar o monitoramento e controle do processo em tempo real.
12. Química Segura para a Prevenção de Acidentes - Minimizar o risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

Através destes princípios, verifica-se que a química verde envolve um compromisso com o meio ambiente e com a sociedade, com importantes consequências benéficas relativas à vida na Terra. Ela pode ajudar nos desafios globais de mudanças climáticas; no provimento de energias renováveis; na

redução do descarte de matérias tóxicas ao meio ambiente e na diminuição da degradação dos recursos naturais (Guardiã, 2010; Kirchhoff, 2005).

O início da adoção destes princípios deu-se, principalmente, na década de 1990, tendo ocorrido, nesta área, aumento de investimentos e de inovações na fabricação de produtos químicos, dentre eles borrachas e polímeros em geral (Nameroff et al., 2004).

O aumento do número de patentes e o acréscimo da aplicação de recursos financeiros no setor mostram que a química verde pode ser considerada um grande negócio, do ponto de vista econômico (Nameroff et al., 2004). Apesar dos dados estarem desatualizados, pois não foram encontrados dados compilados mais recentes sobre produção de patentes, a tabela 4 evidencia a importância dada à química verde.

**Tabela 4:** As 30 principais companhias e organizações considerando o número de patentes em química verde até 2001 (Nameroff et al., 2004).

Posição	Companhia	Total	1983-1986	1987-1991	1992-1996	1996-2001
1	Procter & Gamble Co	74	3	2	35	34
2	Bayer AG. Chemicals	66	7	7	20	32
3	BASF Group Chemicals	61	7	5	17	32
4	EXXON MOBIL Co	50	7	7	14	22
5	E.ON AG. Chemicals	49	2	3	18	26
6	GLAXOSMITHKLINE Pharma	43	0	0	0	43
7	3M – Minnesota Mining Man.	43	4	2	14	23
8	General Electric Co	41	9	4	15	13
9	Henkel Chemicals	37	2	10	12	13
10	Dow Chemical Co	35	5	8	13	9
11	Imperial Chemical Industries	33	5	7	11	10
12	Royal Dutch Petroleum Co	29	1	3	8	17
13	Aventis AG.	28	7	2	13	6
14	Colgate Palmolive Co	27	1	1	5	20
15	Novartis AG.	27	4	6	6	11
16	US Department of Agriculture	27	0	2	3	22
17	MIT/Mass Institute of Technology	24	1	5	6	12
18	BP PLC Energy	23	3	10	7	3
19	Chevrontexaco Co	23	1	3	15	4
20	Dow Corning Co	22	0	3	12	7
21	Montedison SPA	22	0	1	14	7
22	Crompton Co	21	1	9	5	6
23	EI Dupont de Nemours & Co	20	1	0	10	9
24	Kimberly-Clark Co	20	0	0	2	18
25	Rohm & Haas Co	19	1	2	10	6
26	International Speciality Products	18	0	1	9	8
27	Michigan State University	18	0	0	6	12
28	Unilever Co	18	1	3	12	2
29	Energy Biosystems Co	17	0	0	5	12
30	Lockheed Martin Co	17	0	2	11	4

Esta tabela exemplifica que a relevância de patentes em química verde é muito maior para a indústria do que para a academia ou para o governo.

Além disso, historicamente a presença dos países desenvolvidos no assunto é muito maior quando comparado com a presença dos países em desenvolvimento. A importância dada, em termos de investimentos e o desenvolvimento científico mais avançado desses países, em relação ao resto do mundo, pode ser a explicação.

Nameroff et al. (2004) mostraram que entre 1983 a 2001 os EUA apresentaram um índice aproximado em 1,6% e o resto do mundo 1,2% de patentes em química verde em relação ao número total de patentes químicas depositadas.

Portanto, é de extrema importância a produção de pesquisas científicas e de patentes na área de química verde nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Historicamente, esses países estão atrasados, sendo necessário um grande esforço ao longo de anos para alcançar os países desenvolvidos no que diz respeito à ciência e à tecnologia. Entretanto, no que diz respeito a biocombustíveis isso pode ser diferente. O uso do biodiesel tem se intensificado no mercado brasileiro através das misturas com o diesel, chamadas de B2, B5 e B10 (Bindraban et al, 2009).

Se forem relacionados todos os 12 parâmetros da química verde, apenas combustíveis “ideais”, ou aditivos “ideais”, poderiam ser considerados produtos verdes. Combustíveis reais apresentam alguma propriedade indesejável (toxicidade ou inflamabilidade, por exemplo), assim, não poderiam ser enquadrados como produtos “verdes” (Demirci, 2009).

Contudo, por se tratarem de produtos que podem substituir os derivados de petróleo, entende-se que, em termos relativos, o biodiesel atende as exigências da química verde. Este biocombustível gera menor quantidade de gases poluentes, é biodegradável, é originado de fontes naturais e renováveis e seu subproduto é biodegradável e possui aplicação industrial (glicerina).

Seja por força de lei, ou pela necessidade de alguns países em possuir autonomia na fabricação de sua fonte energética, o biodiesel deixou de ser apenas uma promessa, tornando-se uma realidade é, atualmente, uma opção verde para combustíveis.



A química verde também deveria ser considerada para produção de aditivos. Terpenos como aditivos, também podem ser considerados como produtos verdes. São subprodutos de processos industriais de matérias primas naturais renováveis, são biodegradáveis e de baixo impacto ambiental. Entretanto, os monoterpenos são considerados COV (Compostos Orgânicos Voláteis), e o aumento de suas emissões é condenado (Alves et al., 2006).

Os COVs são lançados no meio ambiente por fontes naturais e, também, pela ação humana. Desta última podemos citar como exemplo a utilização de solventes, os resíduos de processos industriais. Emissões naturais podem ser exemplificadas citando o fenômeno que ocorre em florestas que liberam monoterpenos na atmosfera (Alves et al., 2006). As florestas emitem cerca de  $10^{14}$  g de COVs por ano, sendo os alfa e beta pineno os mais abundantes, ou seja, cerca de 60% do total dos terpenos presentes na atmosfera (Zhao e Zhang, 2008).

Segundo Alves et al. (2006) ao se lançar os COVs na atmosfera ocorre a formação de radicais, que levam à produção de ozônio em altitudes inconvenientes, o que modifica a capacidade oxidante da atmosfera. Entretanto, esta informação pode ser contestada para os monoterpenos, pois segundo Zhao e Zhang (2008) os monoterpenos reagem com oxidantes formando uma variedade de terpenos oxigenados.

A oxidação fotoquímica dos terpenos gera produtos de baixa volatilidade o que contribui para a nucleação de partículas. Os aerossóis formados espalham a radiação solar, formam núcleos de condensação de chuva e assim impactam o clima (Zhang et al., 2005).

Desta forma, utilizar os terpenos como aditivo para o biodiesel é uma forma verde de prover melhorias ao biocombustível. Além de possibilitar o uso de matérias primas que são consideradas rejeitos, os terpenos vão possibilitar o uso do biodiesel em condições nas quais ele não funcionaria sem o uso de aditivo.

Partindo da idéia de Kirchhoff (2005), de que as inovações científicas devem ter papel importante no esforço de alcançar os objetivos da química verde, o presente trabalho teve como meta principal avaliar a possibilidade de usar, com aditivos em biodiesel, substâncias originárias de fontes naturais e renováveis, que

apresentem baixo impacto ambiental e que sejam capazes de conferir características ao combustível de modo a tornar possível o uso de biodiesel com baixo grau de insaturação mesmo em climas onde a temperatura média não permitiria o funcionamento dos motores.

## 2. OBJETIVO

Em função da obrigatoriedade, imposta por lei, de adicionar biodiesel no diesel mineral, o que visa, por um lado, a redução da dependência do combustível derivado do petróleo e, por outro, a diminuição do caráter poluente deste último, surgiram alguns problemas a serem resolvidos. Dentre eles está a redução do ponto de entupimento a frio, principalmente em biodieseis derivados de gorduras com altos índices de saturação. Assim sendo, objetivamos no presente trabalho, estudar a possibilidade de que terpenos, de origem natural e renováveis, possam ser usados como aditivos com a finalidade de diminuir o ponto de entupimento a frio, viabilizando o uso, em climas mais frios, de biodieseis derivados de gorduras saturadas.

Foi estudada também a possibilidade de usar como aditivo uma mistura de terpenos denominado como X1200 (produto da Terpenoil Tecnologia Orgânica®), originalmente usado como matéria prima para indústria de produtos de limpeza. Os resultados foram colocados na tese para fins de registro, pois por motivo de segredo industrial a composição não pode ser revelada.

### **3. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **3.1. SÍNTESE DO BIODIESEL**

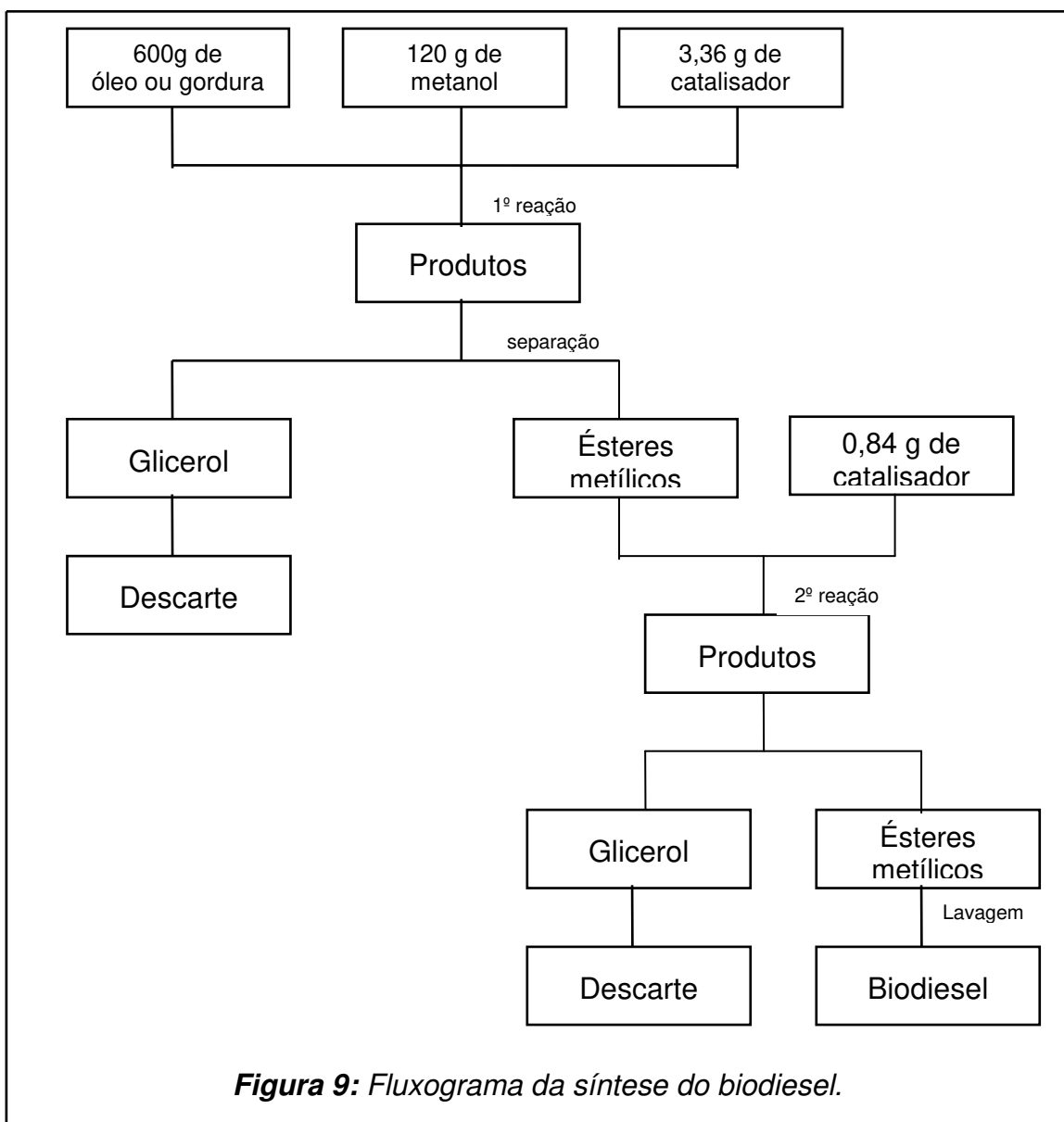
Tanto biodiesel de origem vegetal, quanto biodiesel de origem animal foram sintetizados em laboratório para obter uma variedade de amostras. O objetivo foi estudar as mudanças realizadas pelos aditivos em biodiesel sintetizado a partir de diferentes matérias primas. Foram usados óleos vegetais de soja, de canola, de milho, de girassol e gordura suína, adquiridos em supermercados de Campinas.

As sínteses de biodiesel foram realizadas com dois procedimentos de transesterificação em sequência. A primeira etapa foi feita utilizando-se 600 g do óleo/gordura, 120 g de metanol (20% m/m da amostra) e 3,36 g de catalisador metóxido de sódio (80% m/m do total de catalisador usado). A mistura ficou em refluxo e sob agitação durante 1 hora à temperatura de 60°C. Ao término deste período, o produto da reação foi colocado em funil de separação de 2L para decantação e separação do glicerol.

O sobrenadante foi levado para a segunda etapa, na qual utilizou-se mais 0,84 g do catalisador (20% m/m do total de catalisador usado). A mistura ficou em refluxo e sob agitação durante 1 hora à temperatura de 60 °C. Após este tempo, a solução foi novamente transferida para o funil de separação de 2L, e o glicerol foi separado. O produto da reação foi lavado com cinco porções de 100 mL de água destilada, realizando-se a remoção das impurezas solúveis em água, tais como glicerol, metanol, catalisador e outras substâncias formadas durante a reação de transesterificação.

A adoção de dois estágios na síntese do biodiesel, com a remoção do glicerol em duas etapas tem como objetivo converter completamente os triacilgliceróis, diacilgliceróis e monoacilgliceróis em éster metílico de ácido graxo (Aricetti, 2010).

Outras informações relevantes à síntese do Biodiesel: O excesso de catalisador deve ser evitado, pois pode levar à produção de sabão, o que ocasiona a formação de emulsão durante a lavagem. Na etapa de lavagem, não se deve agitar muito vigorosamente, pois poderá formar emulsão, o que dificulta muito a separação das fases, requerendo o uso de centrifugação (Holanda, 2004).



**Figura 9:** Fluxograma da síntese do biodiesel.

## **3.2. PREPARO DO BIODIESEL**

As amostras dos biodieseis de diferentes origens foram produzidas pelo método descrito acima, sendo rotulados e armazenados em frasco âmbar. Partiu-se de óleos de, canola, soja, milho e girassol, além de gordura suína, obtendo, portanto os biodieseis correspondentes.

Antes das análises com o biodiesel preparado, as amostras eram aquecidas a 50°C (banho-maria) e homogeneizadas (agitação) por 60 segundos.

O biodiesel foi produzido no laboratório e utilizado pelos membros do grupo de pesquisa. Aricetti (2010) analisou os biodieseis produzidos obtendo o índice de acidez e o índice de iodo, além de providenciar a determinação do número de cetanos e a análise cromatografia. Os resultados destas análises mostram que o biodiesel produzido e utilizado neste trabalho estão dentro das especificações da ANP 07/2008.

## **3.3. ADITIVOS**

Os aditivos utilizados nos experimentos foram gentilmente cedidos pela Terpenoil™ Tecnologia Orgânica Ltda. Eles são produtos produzidos e/ou comercializados pela companhia, com pureza maior que 95% (quando não se trata de mistura). São eles:

- Limoneno;
- Terebentina;
- X1200 (mistura de terpenos);
- Cânfora.

### **3.4. ADITIVAÇÃO DO BIODIESEL**

O procedimento de homogeneização do biodiesel, por aquecimento e agitação foi realizado em todos os inícios das análises das amostras. Ele também foi realizado no momento de se adicionar os aditivos.

Para as determinações analíticas, alíquotas de  $100 \pm 1$  mL foram separadas em frasco de armazenagem através de proveta. O aditivo adicionado ao biodiesel foi introduzido no frasco de armazenagem com o auxílio da uma pipeta automática Biotita Propine 100-1000uL.

As amostras de biodiesel, B100, receberam os aditivos utilizados no trabalho, nas proporções de 1, 3, 5, 7 e 9% (porcentagens em volume), e o biodiesel com o aditivo foi homogeneizado para garantir a dissolução completa do aditivo.

### **3.5. A AMOSTRA DE DIESEL E PREPARO DAS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL**

A amostra de diesel, B0, foi gentilmente cedida pela unidade REPLAN (Refinaria do Planalto) da PETROBRAS™, e se trata de uma amostra de diesel “puro”, sem a adição do biodiesel. Isso é importante, pois atualmente por força da Resolução 06/2009, a companhia é obrigada a introduzir biodiesel no diesel comercial. A amostra nos foi fornecida com o nome de diesel 1800S.

O diesel foi utilizado, para as determinações analíticas tal como foi recebido. Entretanto, as amostras das misturas diesel-biodiesel, denominadas genericamente como BX, foram produzidas com as seguintes porcentagens em volume de biodiesel no diesel: 5%; 10%; 20%.

O termo BX indica uma mistura diesel-biodiesel na qual o X refere-se a porcentagem, em volume, de biodiesel na mistura (ASTM D2500, 2011). Por

exemplo, uma mistura B20 significa que a amostra possui 20% de biodiesel e 80% de diesel de petróleo.

As dosagens de biodiesel no diesel foram determinadas com base na política do governo brasileiro que, segundo a legislação (06/2009) obriga atualmente o uso de 5% de biodiesel no diesel, objetivando incluir 20% de biodiesel no diesel em alguns anos.

Ao longo do texto será usada, para designar misturas biodiesel-diesel, a simbologia B5, B10 e B20, onde os números 5, 10 e 20 correspondem à porcentagem em volume de biodiesel presente em cada mistura.

As misturas foram preparadas por simples mistura sob agitação, em béqueres de tamanho adequado, de volumes medidos com provetas e pipetas. Sempre que necessário leve aquecimento foi usado.

### **3.6. PREPARO DAS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL ADITIVADAS**

As misturas foram preparadas por simples mistura sob agitação, em béqueres de tamanho adequado, de forma semelhante ao item anterior (Item 3.5.). Ao diesel foi adicionado biodiesel previamente aditivado (item 3.4.) Adições de 4% e 9% de aditivo no biodiesel puro – B100 – correspondem à misturas diesel-biodiesel aditivado com: 0,2% e 0,45% em volume para o B5; 0,4% e 0,9% em volume para o B10; e 0,8% e 1,8% em volume para o B20.

Por exemplo: Um biodiesel B5 aditivado com limoneno (contém 95% de diesel, 4,8% de biodiesel e 0,2% de limoneno ou contém 95% de diesel, 4,55% de biodiesel e 0,45% de limoneno). Um biodiesel B20 aditivado com terebentina (contém 80% de diesel, 19,2% de biodiesel e 0,8% de limoneno ou contém 80% de diesel, 18,2% de biodiesel e 1,8% de limoneno).



## **3.7. CROMATOGRAFIA GASOSA E ESPECTROMETIA DE MASSAS**

### **3.7.1. BIODIESEL (Aricetti, 2010)**

As composições qualitativas e quantitativas das amostras dos biodieseis produzidos a partir da gordura suína, do óleo de soja, do óleo de canola, do óleo de girassol e do óleo de milho foram determinadas via cromatografia gasosa em um cromatógrafo de gases (Trace GC 2000), da marca Thermo Quest, modelo Trace GC 2000, acoplado à um espectrômetro de massa (CGMS – QP2010), marca Shimadzu, modelo GCMS-2010, pelo Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT) – USP-SP, nas seguintes condições:

- Coluna cromatográfica: FFAP
- Volume de injeção: 1 microlitro
- Forno: 190°C
- Isotherma 70 minutos
- Injetor 300° C
- Split 1:100
- Detector 300°C

A análise foi realizada por Aricetti (2010). O apêndice I contém cópia do relatório do IPT, nº 1 008 066-203 de 07 de abril de 2010, com os dados desta análise.

### **3.7.2. ADITIVOS**

As composições qualitativas e quantitativas das amostras dos aditivos foram determinadas via cromatografia de gases, estando o cromatógrafo acoplado à um

espectrômetro de massa (GCT Premier), da marca Waters, modelo GCT Premier, no Instituto de Química da Unicamp, nas seguintes condições:

- Coluna cromatográfica: HP5-MS
- Volume de injeção: 10 microlitro
- Forno: 450°C
- Rampa de aquecimento: 20°C/minuto de 50°C a 280°C
- Isotherma 9 minutos
- Injetor 260° C
- Split 1:10
- Detector 300°C

### **3.8. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO**

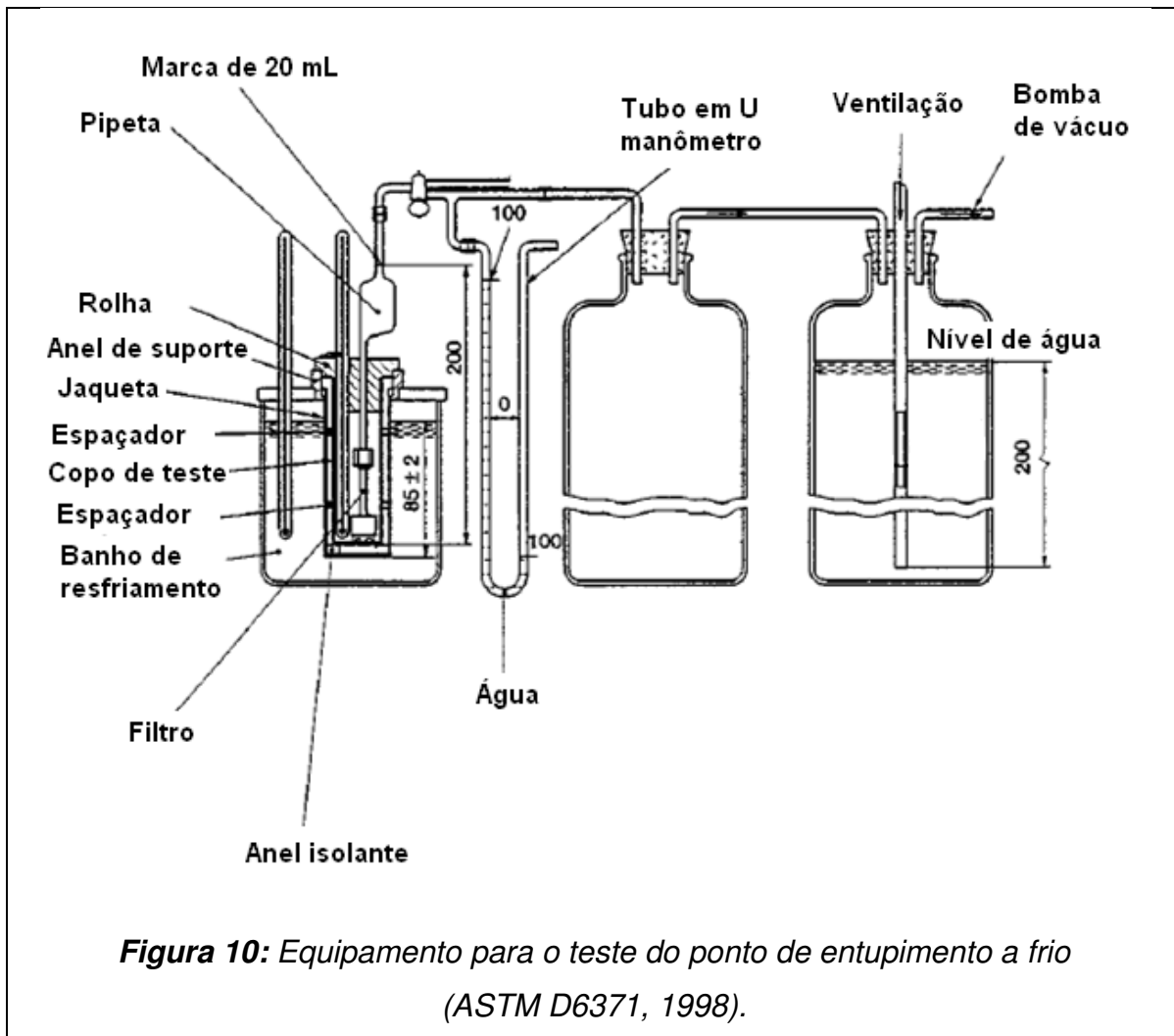
O método se baseia na norma ASTM D6371 (ASTM D6371, 1998). Foi utilizado o equipamento Petrotest, com termômetros Stanhope-Seta ASTM6CX. A determinação é realizada através da observação visual. O ponto de entupimento ocorre quando a bomba de vácuo do equipamento não consegue mais sugar o volume pré-determinado pela norma, em um minuto. A temperatura em que está sendo realizada a medida será chamada ponto de entupimento a frio.

Para realizar as medidas, deve ser adicionado no recipiente do equipamento, o volume de 45 ml da amostra à temperatura ambiente. O sistema de análise fica envolto a uma camisa com álcool e água, resfriada com gelo seco a  $34\pm 1^{\circ}\text{C}$  negativos, temperatura usada realizar os testes. O equipamento dispõe de uma mangueira conectada a uma bomba de vácuo. Existe um termômetro para controle da temperatura do banho e outro para medidas da temperatura da amostra.

O procedimento é realizado sugando-se, com uma pipeta de volume definido presente no equipamento, a amostra. Este procedimento é realizado, de grau em grau, até a determinação do ponto de entupimento a frio que ocorre

quando não é possível completar o volume da pipeta em 60 segundos. A figura 10 apresenta o equipamento usado para fazer o teste do ponto de entupimento a frio (ASTM D6371, 1998).

Este teste foi realizado nos diferentes tipos de biodiesel puros, B100, (canola, girassol, soja, milho e gordura suína). Os experimentos foram feitos, também, nestes biodieseis, B100, com a adição do aditivo nas concentrações em volume de 1, 3, 5, 7 e 9%. Além disso, o ensaio também foi realizado no diesel puro, B0, bem como nas misturas diesel-biodiesel, BX, nas composições 5, 10 e 20%, B5, B10 e B20, tanto em amostras sem aditivo, como em amostras com aditivo. Para cada BX aditivado, foram realizadas medidas com diferentes tipos de aditivos e em diferentes concentrações dos mesmos.



### 3.9. TURBIDEZ

O teste de turbidez foi realizado porque após o resfriamento das amostras, realizado na determinação do ponto de entupimento a frio, algumas delas ficavam turvas.

Para realização deste procedimento foi utilizado o Espectrofotômetro Shimadzu UV 2450, equipado com o controlador de temperatura Temperature Control CPS-Conttroller e o trem (suporte) de posicionamento de cubetas CPS240A.

O experimento consistiu em variar a temperatura e medir a absorbância à 420 nm. Com estes dados, foi possível determinar em que temperatura a absorbância apresentou aumento rápido, determinando-se assim a temperatura de turbidez da amostra.

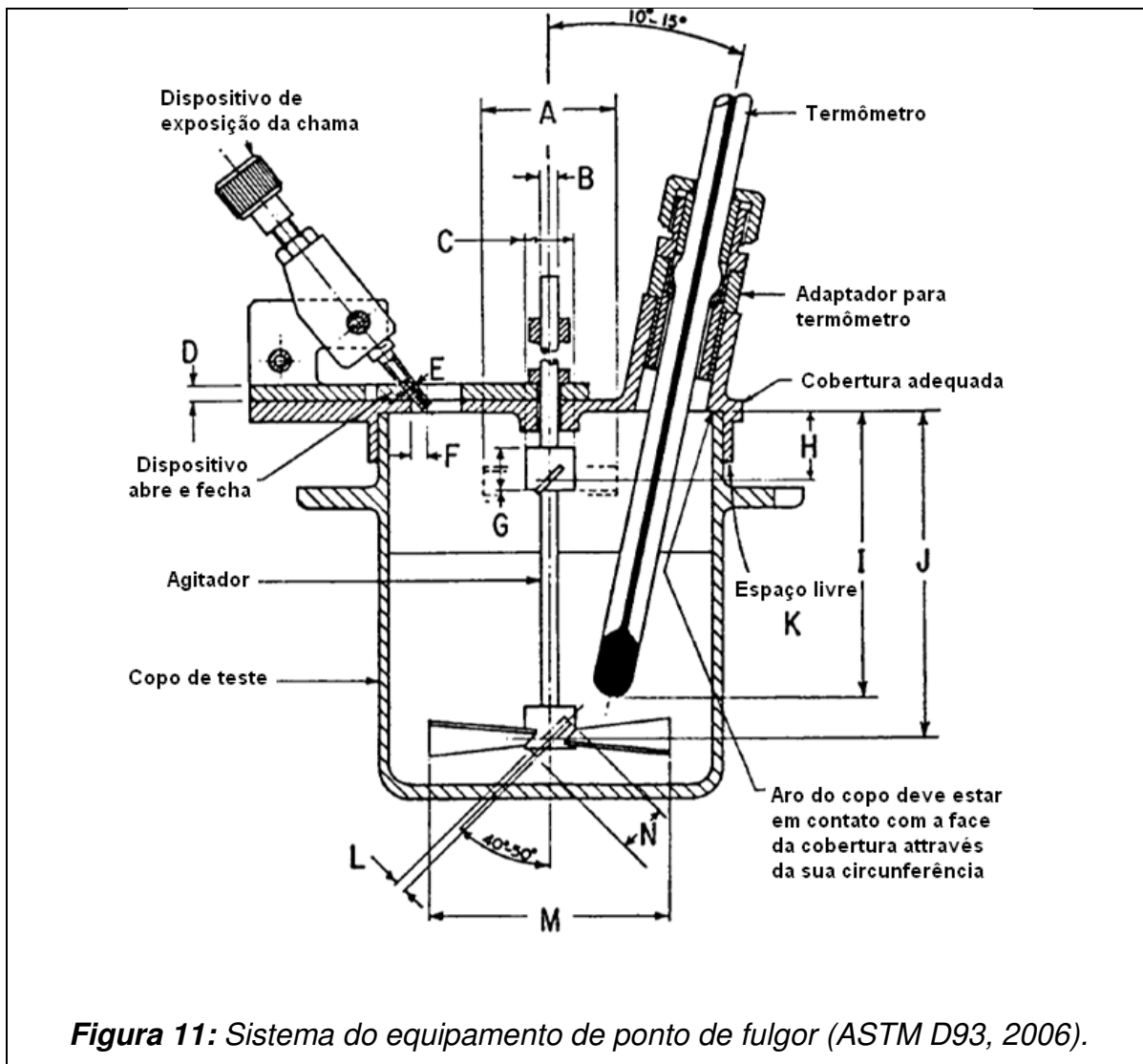
Foram usadas cubetas de quartzo, de caminho óptico de 10mm, dispostas nas posições de 1 a 6. O branco foi realizado com a amostra de biodiesel, para o caso do biodiesel puro ou aditivado. E, para as misturas B5, B10 e B20, aditivadas ou não, bem como com o diesel, o branco foi realizado com diesel puro. O resfriamento era feito pelo CPS-Conttroller que mantém o branco à temperatura ambiente. Para evitar a condensação de água do ambiente nas superfícies das cubetas, era passado ar seco no equipamento, usando uma bomba de vácuo. O ar era seco ao passar por tubos contendo sílica gel.

As leituras da absorbância foram realizadas entre 3 e 30 °C. Não foram realizadas medidas em temperaturas inferiores devido às limitações do equipamento. Ao comparar os resultados de absorbância obtidos em uma temperatura, com os dados obtidos pela temperatura imediatamente anterior, pôde-se calcular o aumento da absorbância ocorrido em função da variação da temperatura.

### **3.10. PONTO DE FULGOR**

O método baseia-se na Norma ASTM D93 (ASTM D93, 2006). Neste teste foi usado o equipamento ISL FP935G2. Ele determina o ponto de fulgor eletronicamente através da introdução da norma desejada em seu software interno. Para execução deste teste foram usadas amostras dos biodieseis, B100, puros ou com diferentes aditivos, em diferentes concentrações, bem como o diesel puro, B0, e as misturas diesel-biodiesel, BX, aditivadas ou não.

O procedimento consiste em adicionar uma alíquota de aproximadamente 80 ml. O equipamento possui um dispositivo similar a um copo que contem a marcação do volume necessário. Uma vez iniciado o experimento o equipamento mantém a amostra em agitação constante e aquecimento de modo a aumentar gradualmente a temperatura. Antes de cada análise deve ser registrado no equipamento um valor de referência do ponto de fulgor. Quando faltam 10°C para atingir tal valor referência, automaticamente o equipamento produz uma faísca de modo a inflamar o combustível. Este processo continua até que a inflamação ocorra. Esta temperatura é considerada como o ponto de fulgor. O teste é realizado em vaso fechado e a resposta é diretamente mostrada na tela do equipamento. A figura 11 apresenta o sistema utilizado pelos equipamentos de ponto de fulgor, e as medidas do dispositivo encontram-se na tabela 5 (ASTM D93, 2006).



**Tabela 5:** Medidas do dispositivo de ponto de fulgor (ASTM D93, 2006).

	Mínimo (mm)	Máximo (mm)		Mínimo (mm)	Máximo (mm)
A	18,3	19,8	H	9,6	11,2
B	2,38	3,18	I	43,0	46,0
C	2,6	8,4	J	5,0	51,6
D	2,0	2,8	K	---	0,36
E	0,69	0,79	L	1,22	2,06
F	2,0	2,8	M	31,8	44,4
G	6,4	10,4	N	7,6	8,4

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. QUALIDADE DO BIODIESEL

Análises de qualidade dos biodieseis que foram produzidos no laboratório foram realizadas originalmente por Aricetti (2010) que determinou o índice de acidez e o índice de iodo, além de providenciar a determinação do número de cetanos e a análise cromatografia.

Para que fique registrada neste trabalho a qualidade dos biodieseis utilizados, os resultados são apresentados a seguir.

**Tabela 6:** Resultados de índice de acidez (Aricetti, 2010).

Biodiesel	Índice de Acidez
Gordura suína	0,434 ± 0,008
Óleo de canola	0,142 ± 0,004
Óleo de girassol	0,100 ± 0,008
Óleo de milho	0,099 ± 0,005
Óleo de soja	0,084 ± 0,003

**Tabela 7:** Índice de iodo (mg de iodo por 100 g de amostra) (Aricetti, 2010).

Biodiesel	Índice de Iodo
Óleo de milho	128,0 ± 1,2
Óleo de soja	129,4 ± 0,5
Gordura suína	74,1 ± 2,3
Óleo de canola	113,9 ± 1,3
Óleo de girassol	134,3 ± 2,0

**Tabela 8:** Os números de cetanos dos biodieseis (Aricetti, 2010).

<b>Biodiesel</b>	<b>Número de Cetano</b>
Óleo de soja	52,4 ± 4,3
Óleo de milho	53,0 ± 4,4
Óleo de girassol	53,8 ± 4,5
Óleo de canola	54,2 ± 4,6
Gordura suína	58,9 ± 4,8

A acidez do biodiesel relaciona-se com a degradação dos ésteres de ácido graxo, podendo reduzir a vida útil do biodiesel e provocar a formação de depósitos no motor e no injetor de combustível (Mahajan et al., 2006). Os valores obtidos mostram que todos os biodieseis apresentaram índice de acidez inferior ao limite máximo constante da resolução ANP 07/2008.

O índice de iodo apresenta uma correlação direta como a quantidade de moléculas insaturadas presente na mistura, assim este valor poderá ser correlacionado com outras propriedades do biodiesel, tais como estabilidade oxidativa e ponto de entupimento (Aricetti, 2010). A resolução ANP 07/2008 apenas pede a anotação deste parâmetro.

O número de cetanos possui grande relevância, pois ele indica as características de ignição do biodiesel; quanto maior seu resultado melhores serão as propriedades de ignição do combustível (Demirbas, 2009; Ramos et al., 2009). O número de cetano é equivalente ao parâmetro octanagem utilizado no caso da gasolina (Lobo e Ferreira, 2009).

O biodiesel de gordura suína apresentou o maior número de cetano. Viabilizar o seu uso tanto puro, como em misturas com o diesel, se torna ainda mais interessante, o que está de acordo com os objetivos propostos neste trabalho.

Em razão dos altos custos desta análise, apenas o biodiesel “puro” foi submetido ao procedimento. A necessidade de se conhecer o que ocorre com o número de cetano após a inclusão do aditivo ao biodiesel deve ser realizada no futuro.



## 4.2. COMPOSIÇÃO DE ÉSTERES METÍLICOS DO BIODIESEL

A variação da composição química do biodiesel de diferentes origens foi determinada pela técnica de cromatografia gasosa, aliada à espectrometria de massas, mostrando-se significativamente diferente. Os diferentes óleos usados na produção do biodiesel apresentam diferentes composições de triglicerídeos, com variações no comprimento da cadeia carbônica, no número de ligações duplas e triplas e diferentes posições destas insaturações nas moléculas.

A tabela 9 mostra o resultado da distribuição percentual dos ésteres metílicos presentes nas amostras de biodiesel de diferentes origens, segundo análise feita pelo IPT (apêndice 1).

É importante conhecer a composição química do biodiesel uma vez que ela fornece informações sobre algumas propriedades físico-químicas do mesmo como, por exemplo, o índice de iodo, o índice de cetano, o ponto de entupimento a frio e, ainda fornece uma estimativa da estabilidade oxidativa (Demirbas, 2009).

**Tabela 9:** Composição química em ésteres, dos biodieseis de gordura suína, óleo de soja, óleo de canola, óleo de girassol e óleo de milho (Aricetti, 2010).

Composição	Biodiesel				
	Gordura suína	Óleo de soja	Óleo de canola	Óleo de girassol	Óleo de milho
Miristato de metila (14:0)	1,10 ± 0,01	ND*	ND*	ND*	ND*
Palmitato de metila (16:0)	19,9 ± 0,1	10,0 ± 0,1	4,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	11,3 ± 0,1
Palmitoleato de metila (16:1)	1,9 ± 0,1	ND*	0,20 ± 0,02	ND*	0,16 ± 0,01
Estearato de metila (18:0)	9,8 ± 0,2	2,8 ± 0,1	2,00 ± 0,03	3,2 ± 0,1	1,90 ± 0,03
Oleato de metila (18:1)	36,1 ± 0,5	23,1 ± 0,6	57,9 ± 0,9	24,3 ± 0,3	31,5 ± 0,1
Linoleato de metila (18:2)	13,2 ± 0,2	49,3 ± 0,9	17,8 ± 0,3	58,8 ± 0,8	43,2 ± 0,2
Linolenato de metila (18:3)	0,50 ± 0,02	5,2 ± 0,1	5,7 ± 0,1	0,40 ± 0,05	0,80 ± 0,1
Eicosanoato de metila (20:0)	0,20 ± 0,07	0,30 ± 0,02	0,55 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,50 ± 0,07
Eicosenoato de metila (20:1)	0,70 ± 0,05	ND*	0,90 ± 0,02	ND*	0,30 ± 0,08

Os rendimentos da conversão dos triglicerídeos em ésteres estão relacionados com a qualidade das matérias primas empregadas e com o processo utilizado para a conversão. Catalisadores alcalinos podem reagir com o material graxo formando sabão (Silva Filho, 2010).

Trabalhos na literatura como o do autor Silva Filho (2010) ou o dos autores Marques et al. (2010) apontam o rendimento da conversão do biodiesel entre 90% e 92%.

Segundo Aricetti (2010), as concentrações dos ésteres insaturados e poli-insaturados verificadas por cromatografia, podem ser obtidas também pelo índice de iodo. Quanto maior o resultado, menor será a estabilidade oxidativa. Além disso, agrupando-se os ésteres metílicos como saturados, monoinsaturados e poli-insaturados, é possível se determinar um parâmetro chamado Grau de Insaturação, GI, (Ramos et al., 2009). A fórmula de cálculo que fornece a quantidade, em porcentagem em massa, de insaturados presentes no biodiesel é dada pela equação 1.

$$GI = \sum_i x_i(\text{monoinsaturados}) + 2 \times \sum_j y_j(\text{polinsaturados}) \quad \text{Equação 1}$$

### 4.3. GRAU DE INSATURAÇÃO – GI

Com base na tabela 9, que apresenta a composição dos ésteres metílicos do biodiesel, e usando a equação 1 apresentada, foi possível calcular o grau de insaturação de cada biodiesel estudado. A tabela 10 mostra a somatória das porcentagens em massa dos ésteres metílicos.

**Tabela 10:** Somatória das quantidades dos ésteres saturados (porcentagem em massa), monoinsaturados e poli-insaturados e GI dos biodieseis.

	Biodiesel origem				
	Gordura suína	Óleo de soja	Óleo de canola	Óleo de girassol	Óleo de milho
$\Sigma$ Saturados	30,9±0,2	13,1±0,1	6,75±0,1	8,9±0,1	13,7±0,1
$\Sigma$ Insaturados	52,4±0,6	77,6±1,1	82,5±1,0	83,5±0,9	76,0±0,3
$\Sigma$ Monoinsaturados	38,7±0,5	23,1±0,6	59,0±0,9	24,3±0,3	32,0±0,1
$\Sigma$ Poli-insaturados	13,7±0,2	54,5±0,9	23,5±0,3	59,2±0,8	44,0±0,2
GI	<b>66,1</b>	<b>132,1</b>	<b>106,0</b>	<b>142,7</b>	<b>120,0</b>

Segundo Aricetti (2010) o grau de insaturação correlaciona-se linearmente com o índice de iodo e também com o número de cetano.

#### 4.4. COMPOSIÇÃO DOS ADITIVOS UTILIZADOS

A composição dos aditivos utilizados foi determinada no Instituto de Química da Unicamp pela técnica da cromatografia gasosa aliada à espectrometria de massas. Os resultados encontram-se na tabela 11.

**Tabela 11:** Composição química dos aditivos utilizados.

<b>Aditivo</b>	<b>Composição</b>	<b>Quantidade relativa % (m/m)</b>
<b>Limoneno</b>	D-limoneno	95,6 ± 1,8
	Outros	4,4 ± 0,2
<b>Cânfora</b>	2-canfenona	99,0 ± 2,0
	Outros	1,0 ± 0,2
<b>Terebentina</b>	α - pineno	54,3 ± 1,0
	β – pineno	29,0 ± 0,6
	o – metilisopropil benzeno	10,2 ± 0,2
	Outros	6,5 ± 0,1

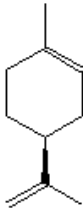
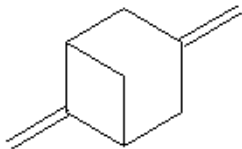
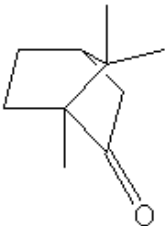
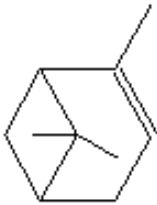
Segundo os resultados obtidos, os terpenos D-limoneno e 2-canfenona constituem mais de 95 % dos produtos analisados que levam estes nomes.

A terebentina é uma mistura composta principalmente de pineno na sua forma alfa e beta. Brito et al (1980) consideram a terebentina com α – pineno variando entre 52% a 63% e β–pineno de 0 a 17%. A composição da terebentina pode variar amplamente dependendo de sua fonte e do processo de obtenção e do seu refino. Entretanto apesar das diferenças de composição as propriedades das terebentinas são uniformes (Souza et al., 2005).

O X1200 é uma mistura de terpenos produzidos pela Terpenoil®. Trata-se de um produto que pode ser considerado segredo industrial, e conforme o acordo de confidencialidade firmado não foi permitido a abertura da formulação. Porém, segundo informações do fabricante, trata-se de uma mistura de terpenos modificados a partir do limoneno.

A tabela 12 apresenta as fórmulas estruturais dos terpenos utilizados como aditivos neste trabalho.

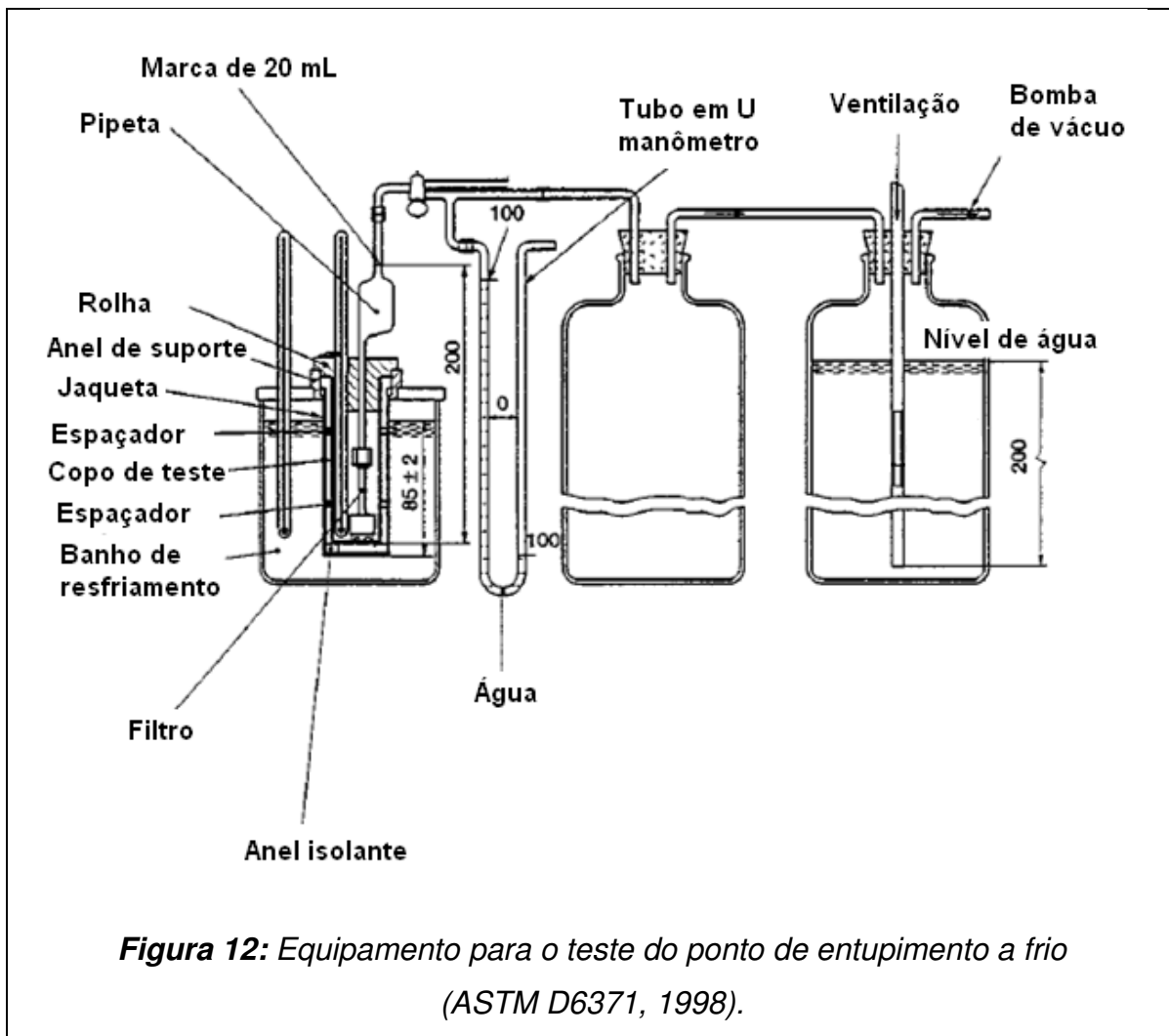
**Tabela 12:** Fórmulas estruturais dos terpenos presentes nos aditivos.

Composto	Fórmula estrutural	Composto	Fórmula estrutural
D-limoneno		$\beta$ - pineno	
2-canfenona		$\alpha$ - pineno	

## 4.5. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO

### 4.5.1. BIODIESEL – B100

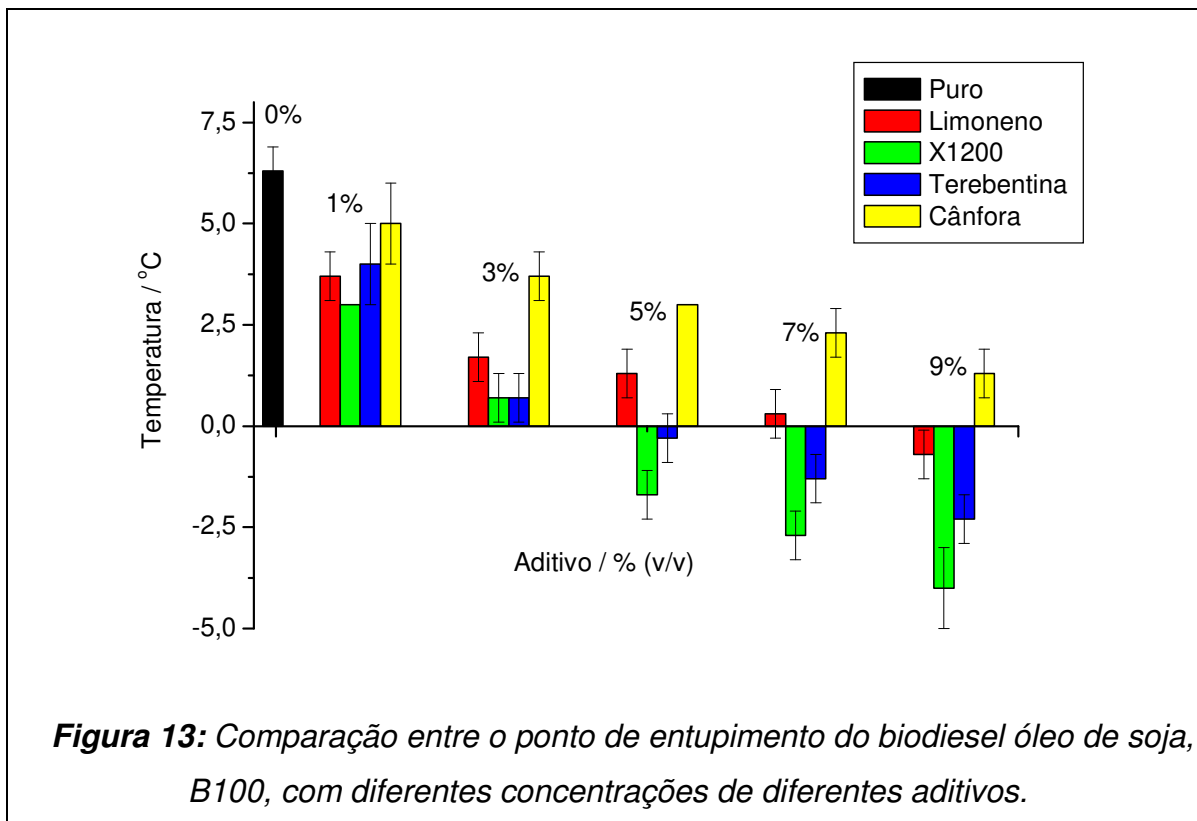
Os ensaios de ponto de entupimento a frio foram realizados conforme a metodologia da ASTM D6371 (ASTM Standard D6371, 1999). Foi usado o dispositivo descrito na referida norma, em banho termostatizado a  $-34^{\circ}\text{C}$ , conforme descrito na parte experimental. Na figura 12 está o equipamento designado pela norma para medir o ponto de entupimento a frio.

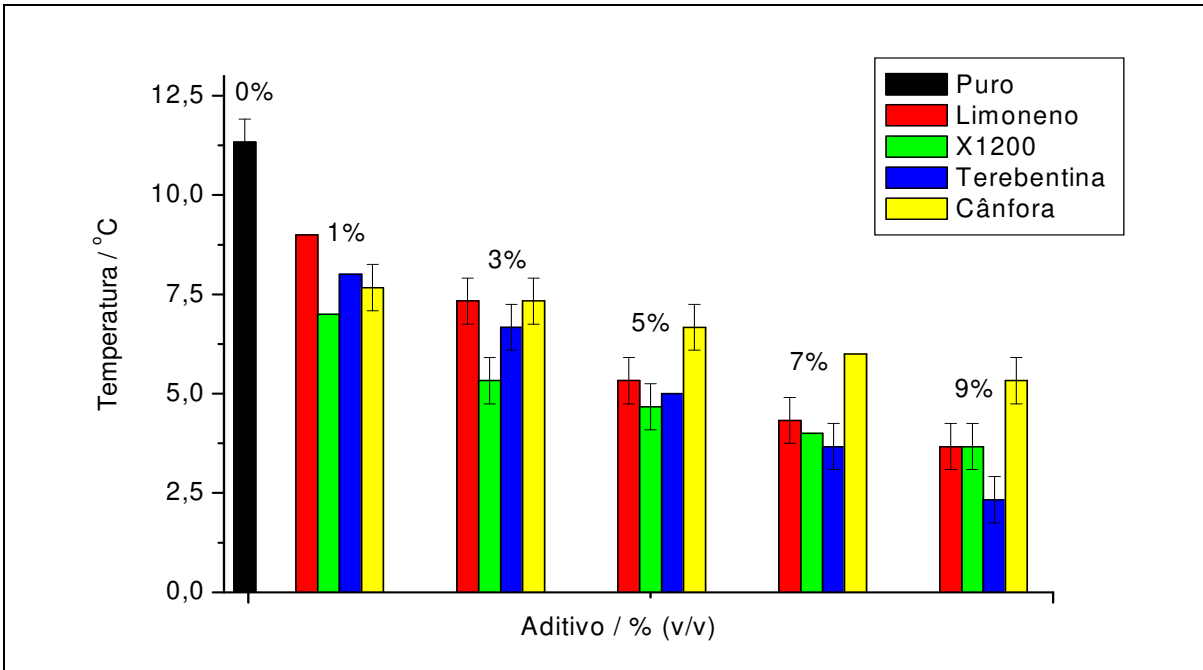


Os experimentos foram realizados para biodieseis de: óleo de soja, óleo de girassol, óleo de canola, óleo de milho e gordura suína. Os resultados do ponto de entupimento a frio dos biodieseis de diferentes origens, bem como dos biodieseis aditivados com diferentes aditivos e em diferentes concentrações, encontram-se no apêndice 2, nas tabelas 14 a 18.

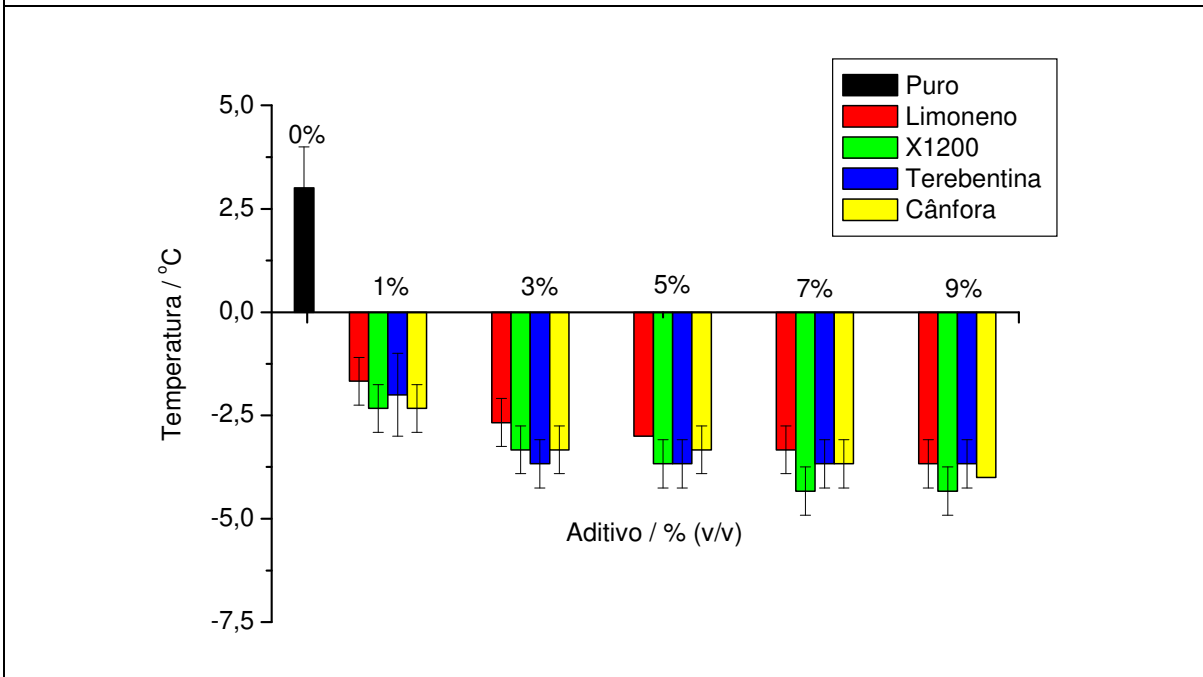
Com os dados das tabelas citadas foram realizadas a comparação da eficiência dos aditivos. Os resultados referentes aos pontos de entupimentos a frio dos biodieseis não aditivados bem como daqueles aditivados encontram-se nos gráficos das figuras de 13 a 17.

Aplicando-se o teste t pareado de Student, observa-se que há diferença significativa, a 95% de confiança, para todos os aditivos estudados, ao se comparar os pontos de entupimento a frio de cada biodiesel com e sem aditivo (apêndice 2).



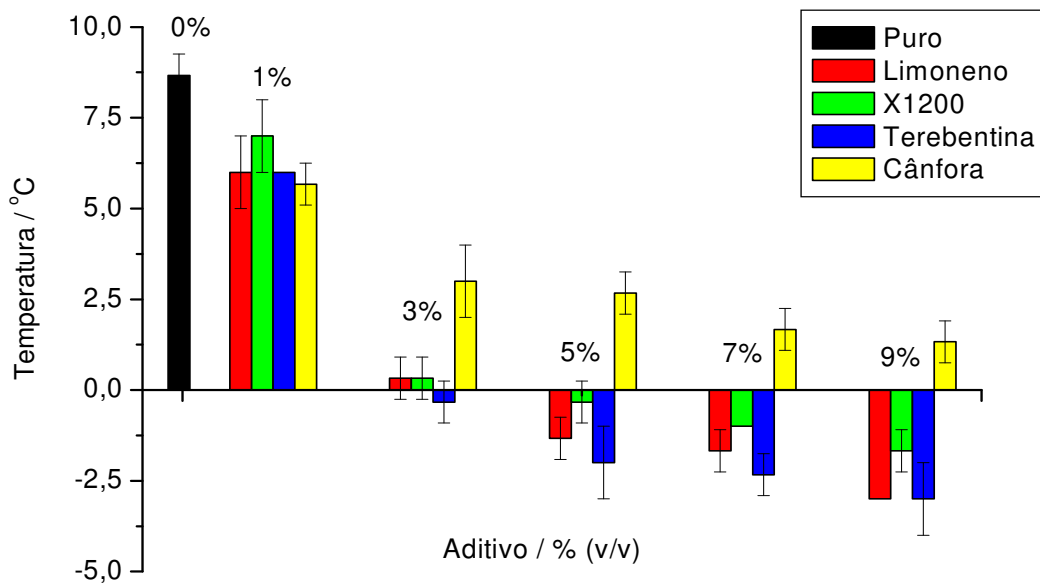


**Figura 14:** Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de óleo de milho, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.

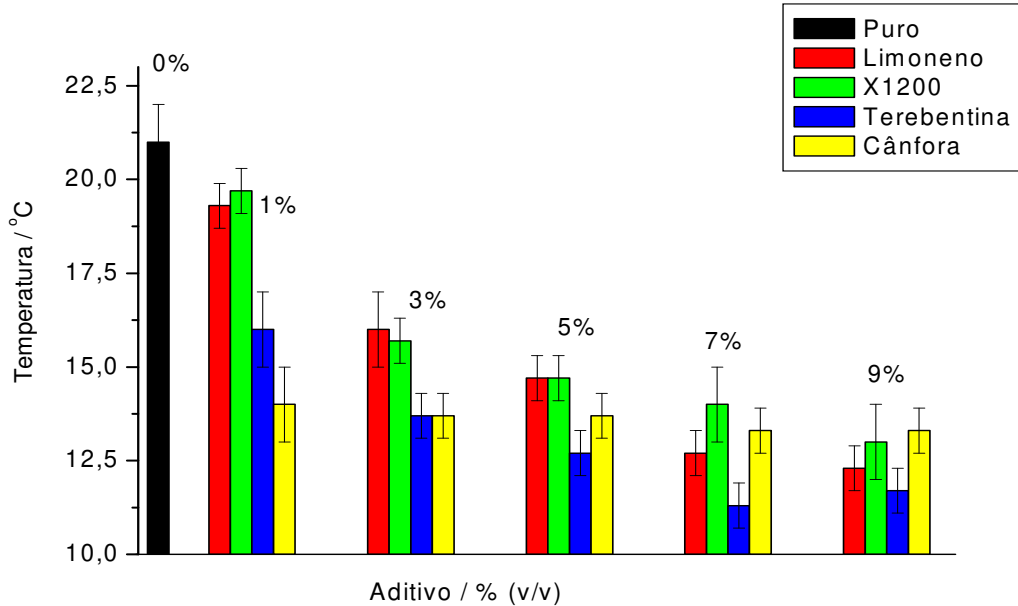


**Figura 15:** Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de óleo de canola, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.





**Figura 16:** Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de óleo de girassol, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.



**Figura 17:** Comparação entre o ponto de entupimento do biodiesel de gordura suína, B100, com diferentes concentrações de diferentes aditivos.

Para o biodiesel de óleo de soja, B100 (Figura 12) a utilização dos aditivos resultou em uma redução do ponto de entupimento a frio de aproximadamente 10°C, usando-se o X1200 a 9% em volume. Quando foi aplicado o teste t pareado aos valores de ponto de entupimento a frio, o uso do aditivo X1200 causou redução significativa desta propriedade. Vale lembrar que o aditivo X1200 é uma mistura de terpenos cuja composição não podemos revelar por motivo de segredo industrial.

Aplicações do teste t pareado (Apêndice 2) aos valores de ponto de entupimento a frio obtidos com o uso dos outros aditivos (limoneno, terebentina e cânfora), mostram que os decréscimos são significativos (exceto à 1%, em volume de terebentina e 1% e 3% em volume de cânfora). A terebentina reduziu o ponto de entupimento a frio do biodiesel de óleo de soja em 8,6°C. O limoneno e a cânfora reduziram o ponto de entupimento a frio em 7°C no caso do limoneno e em 5°C usando-se a cânfora.

A análise dos efeitos dos aditivos no biodiesel de óleo de milho (Figura 13), através da aplicação do teste t pareado aos valores de ponto de entupimento a frio, mostrou que ocorreu redução significativa desta propriedade. A redução dos valores foi de 9°C quando se utilizou 9% em volume de terebentina. Na mesma concentração, o limoneno e o X1200 reduziram o ponto de entupimento a frio em 7,6°C e a cânfora reduziu o ponto de entupimento a frio do biodiesel de óleo de milho em 6°C.

No biodiesel de óleo de canola (Figura 14), todos os aditivos utilizados neste trabalho provocaram redução significativa do ponto de entupimento a frio, verificado pela aplicação do teste t pareado aos valores obtidos. A redução do ponto de entupimento a frio foi aproximadamente 7°C para os aditivos (limoneno, cânfora, terebentina e X1200) testados.

O uso dos aditivos mostrou a maior redução no ponto de entupimento a frio quando testados no biodiesel de óleo de girassol (Figura 15). O uso de 9%, em volume, de limoneno, de terebentina ou de X1200, causou redução média de 12°C. Nesta concentração, o uso de cânfora reduziu o ponto de entupimento a frio

em 7,4°C. Foi também aplicado, o teste t pareado e mostrou que a redução da propriedade é significativa, exceto para o uso de 1%, em volume de X1200, que não mostrou reduzir o valor desta propriedade.

O uso de aditivos no biodiesel de gordura suína (Figura 16) proporcionou redução média no ponto de entupimento a frio de 9°C com limoneno, ou terebentina, a 9% em volume. A redução foi de 8°C nesta propriedade quando utilizou-se a cânfora, ou o X1200, como aditivo na mesma concentração. O teste t pareado foi aplicado e mostrou que a redução da propriedade é significativa, exceto ao se usar 1%, em volume dos aditivos testados neste trabalho.

Ao se analisar os dados das figuras de 11 a 15, verifica-se que utilizar 5% em volume de aditivo, provoca a redução de 6°C a 9°C no ponto de entupimento a frio. Isso corresponde a aproximadamente 80% da redução máxima alcançada nos biodieseis de óleo de soja, de óleo de milho, de óleo de girassol e de óleo de canola.

O biodiesel de gordura suína é um caso específico. Seu uso puro seria inviável em um país com as temperaturas médias similares as brasileiras, pois o combustível não fluiria. Os aditivos testados neste trabalho poderiam viabilizar o uso deste biocombustível no país, sem problemas de interrupção do fluxo de combustível, na maior parte do ano. O uso de, em média, 5%, em volume, dos aditivos usados no trabalho provocaram reduções do ponto de entupimento da ordem de 7°C, o que viabilizaria o uso de biodiesel de gordura suína, B100, no Brasil, na maioria dos seus estados e durante a maior parte do ano.

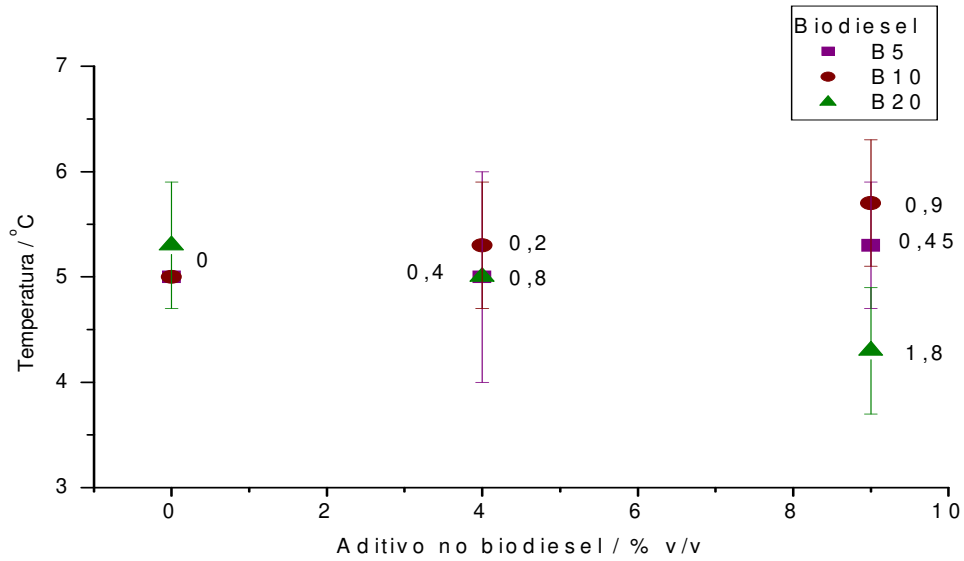
#### **4.5.2. MISTURA DIESEL-BIODIESEL – B5, B10 e B20.**

Os ensaios de ponto de entupimento a frio foram realizados conforme a metodologia da ASTM D6371 (ASTM Standard D6371, 1999). Foi usado o dispositivo descrito na referida norma, em banho termostático a  $-34^{\circ}\text{C}$ , conforme descrito na parte experimental. Os experimentos foram realizados para misturas de diesel com biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína. Os aditivos usados foram os mesmos já relacionados anteriormente neste trabalho, ou seja, limoneno, terebentina, cânfora e X1200. Os resultados obtidos para o ponto de entupimento a frio das misturas diesel-biodiesel nas concentrações B5, B10 e B20, bem como destas misturas aditivadas, com diferentes aditivos e em diferentes concentrações, encontram-se no apêndice 3, nas tabelas de 19 a 39.

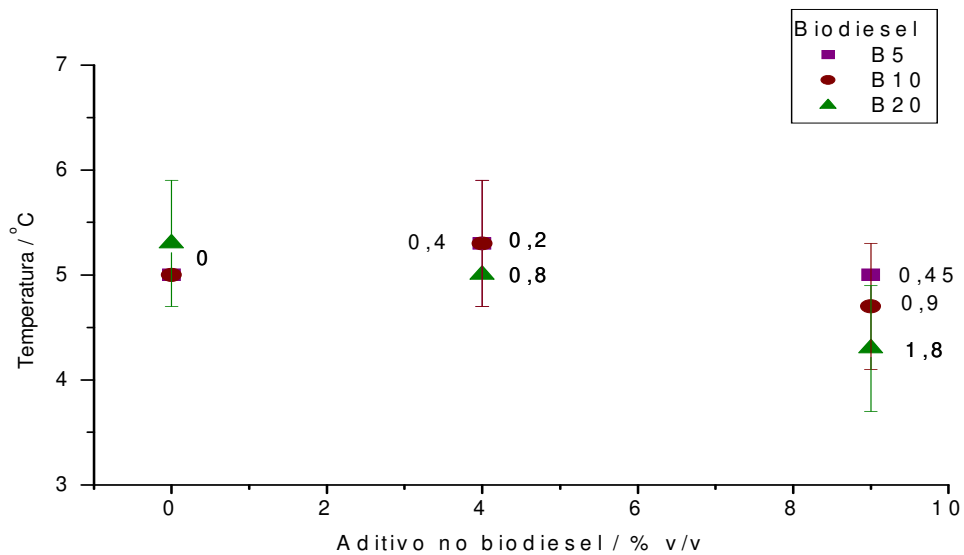
Com os dados presentes nas tabelas citadas, foram construídos gráficos dos pontos de entupimento a frio em função da concentração de aditivo nas misturas diesel-biodiesel (B5, B10 e B20). Observou-se pouca ou nenhuma variação com o uso dos aditivos. Porém, em muitos casos é possível identificar uma tendência de diminuição do valor dessa propriedade.

As comparações, dos efeitos dos aditivos, usados em diferentes concentrações, em diferentes tipos de biodiesel e em diferentes misturas diesel-biodiesel estão apresentadas nas figuras de 18 a 37.

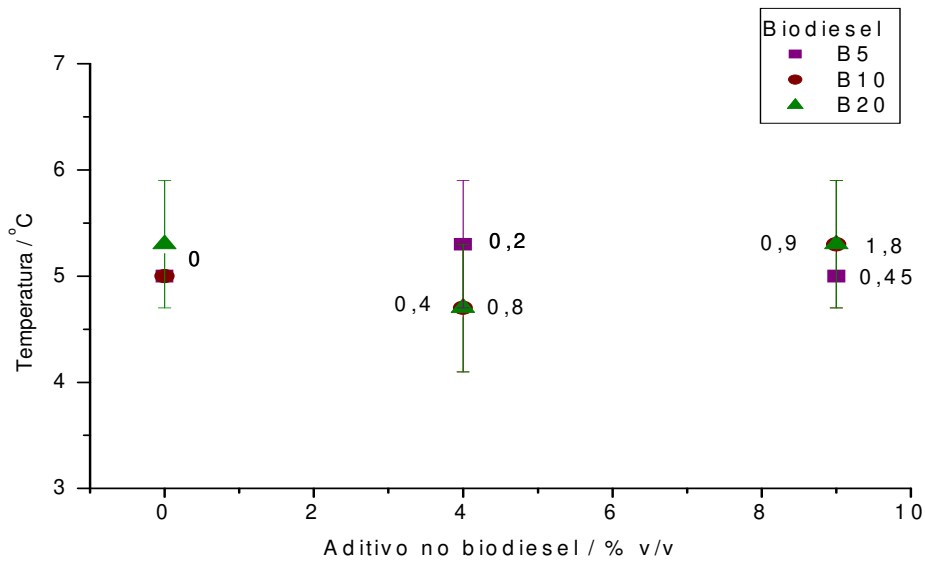
Nos dados das tabelas de 19 a 39 aplicou-se, para comparação dos resultados obtidos, o teste t pareado de Student (Apêndice 3). Foi verificado que para as misturas de diesel com biodiesel de óleo de milho, óleo de soja, óleo de girassol e óleo de canola, sem e com o uso de aditivos, não houve diferença significativa, a 95% de confiança, no ponto de entupimento a frio, independente da composição ou da concentração dos aditivos testados.



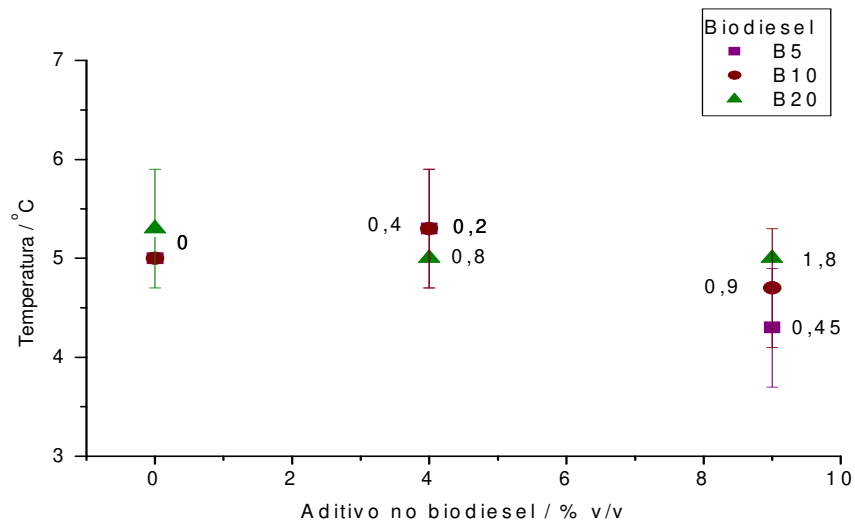
**Figura 18:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



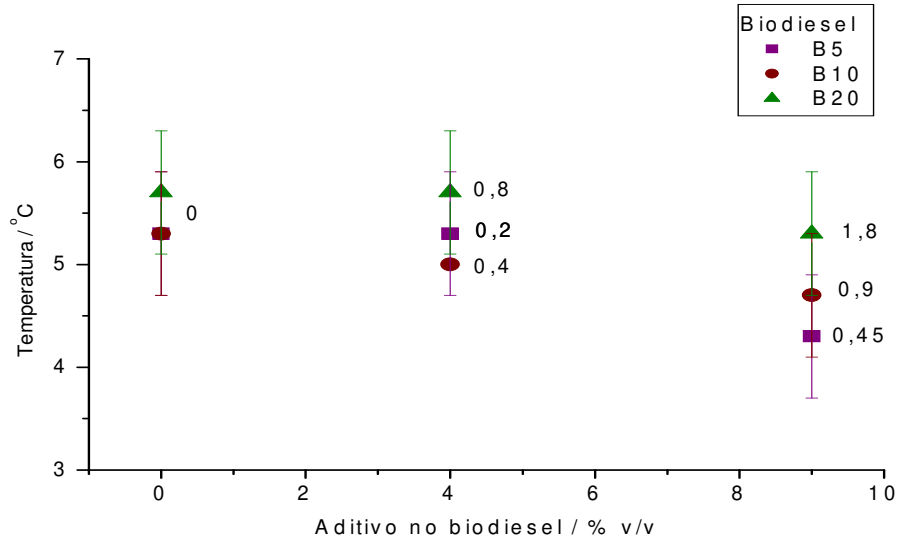
**Figura 19:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



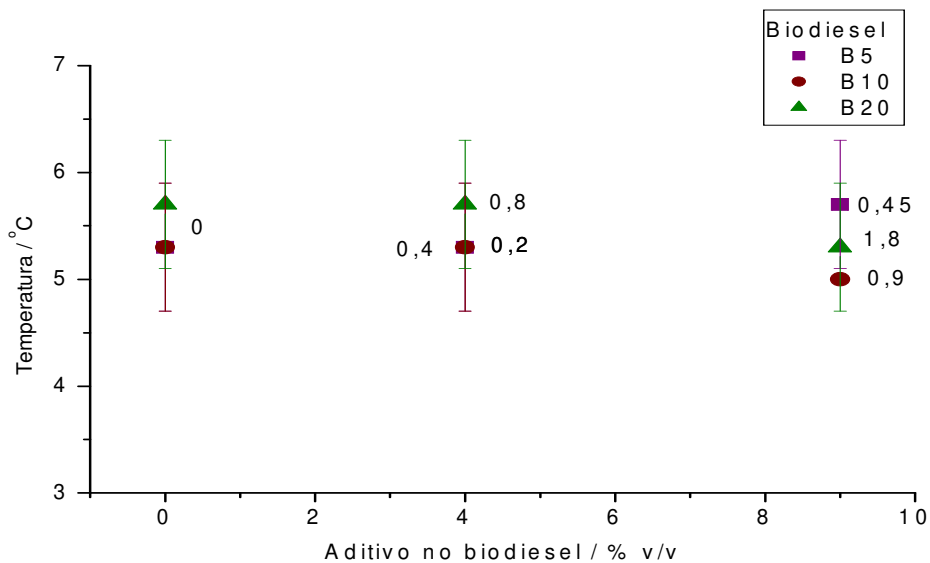
**Figura 20:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



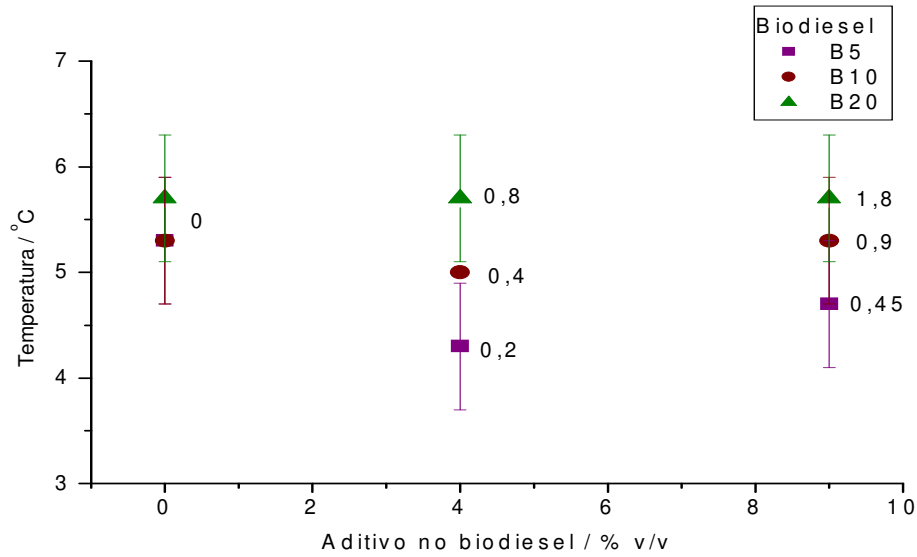
**Figura 21:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



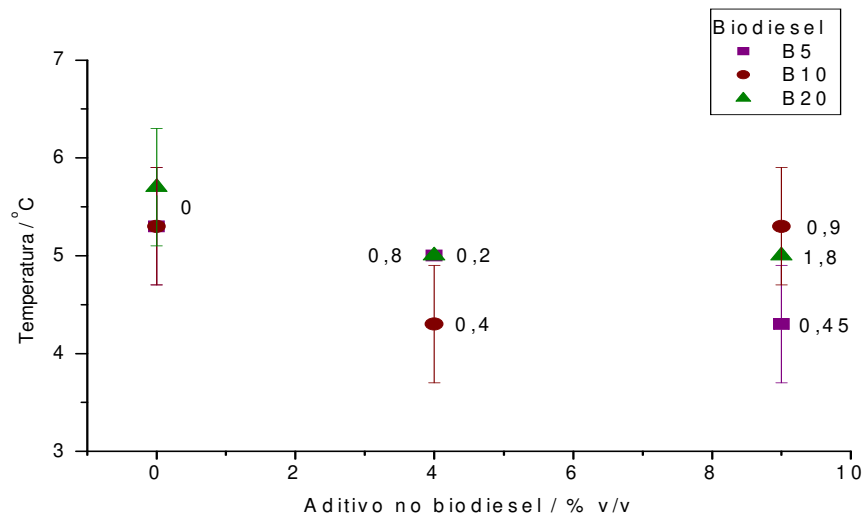
**Figura 22:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



**Figura 23:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).

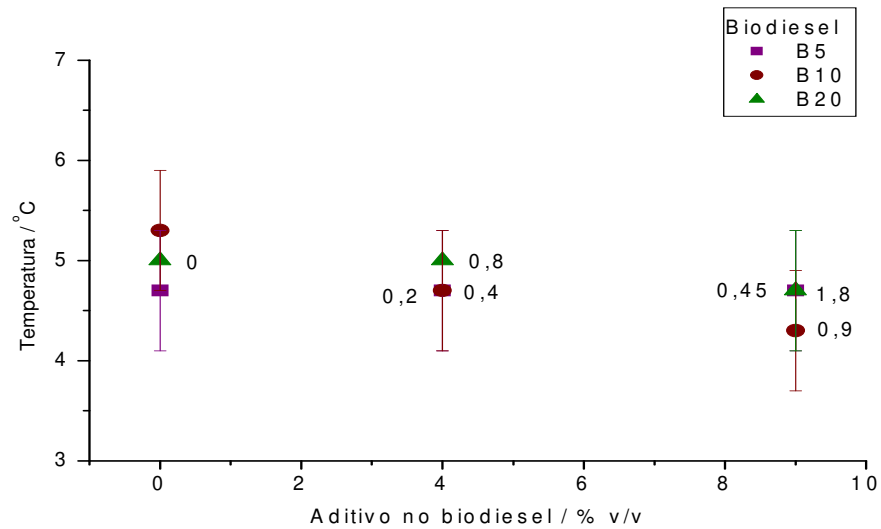


**Figura 24:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).

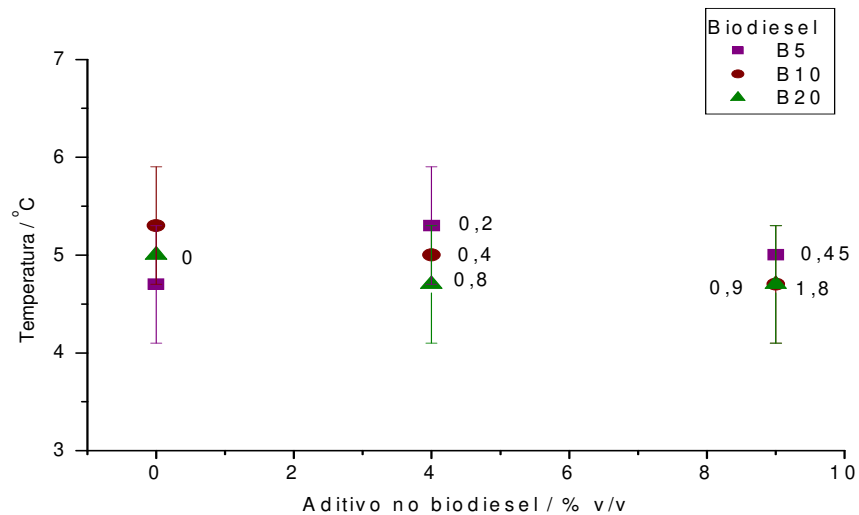


**Figura 25:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).

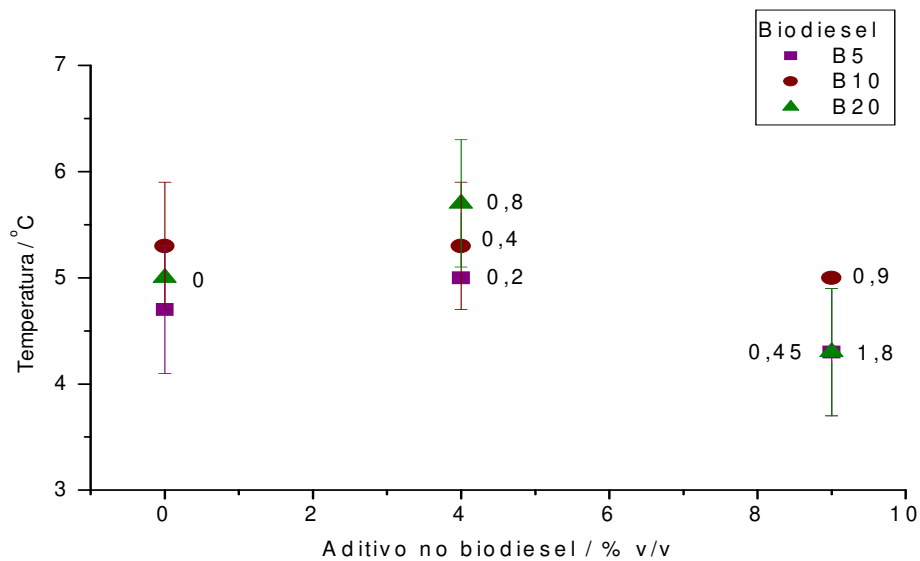




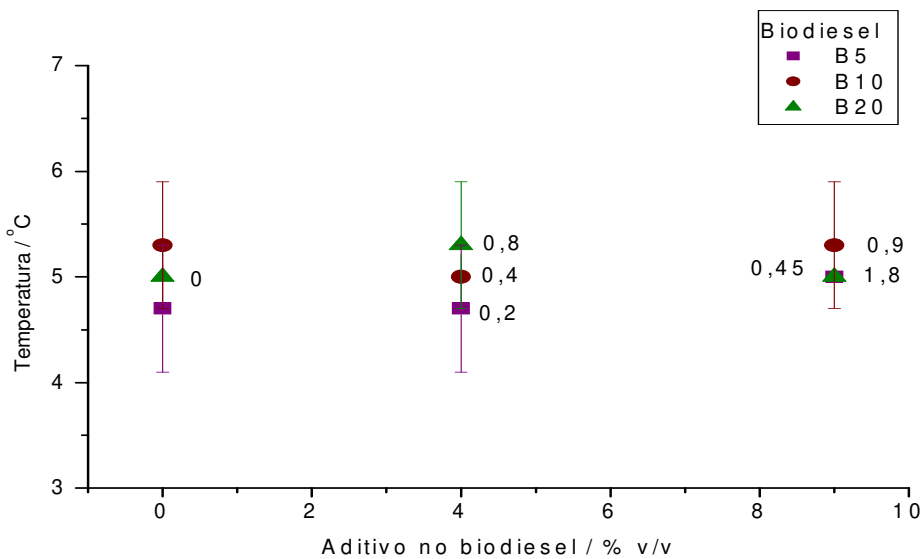
**Figura 26:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



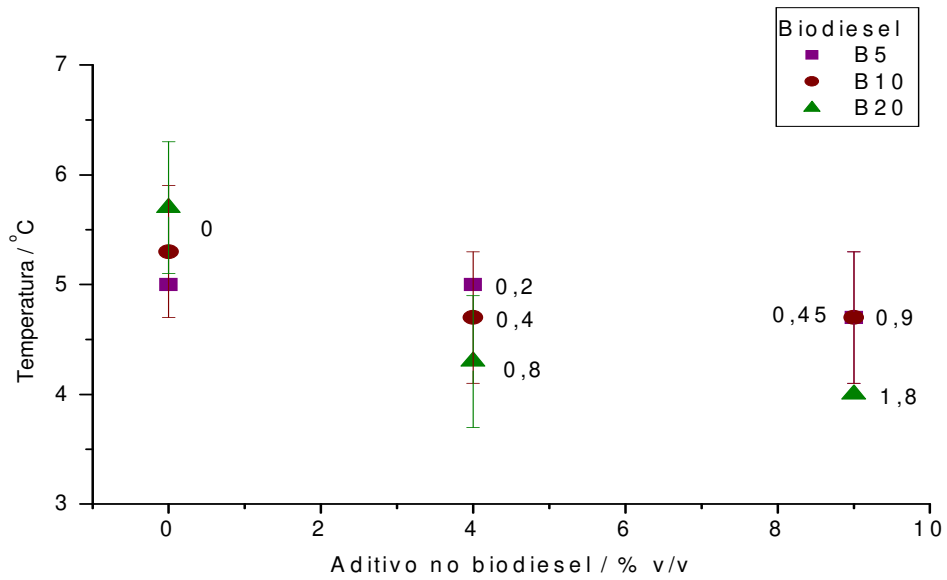
**Figura 27:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



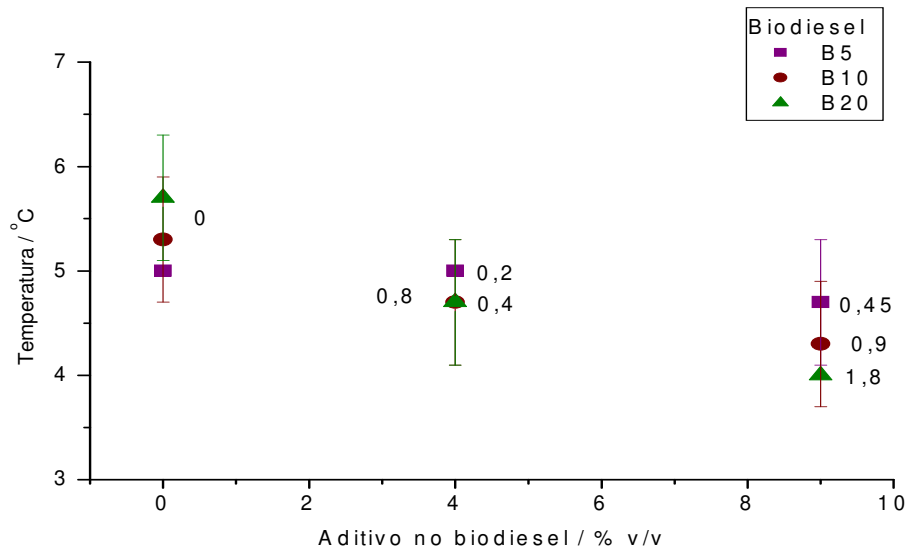
**Figura 28:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



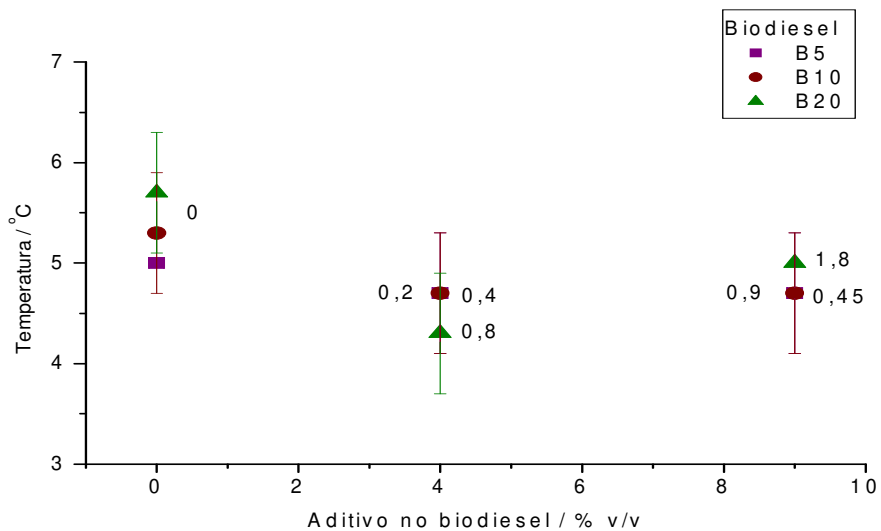
**Figura 29:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



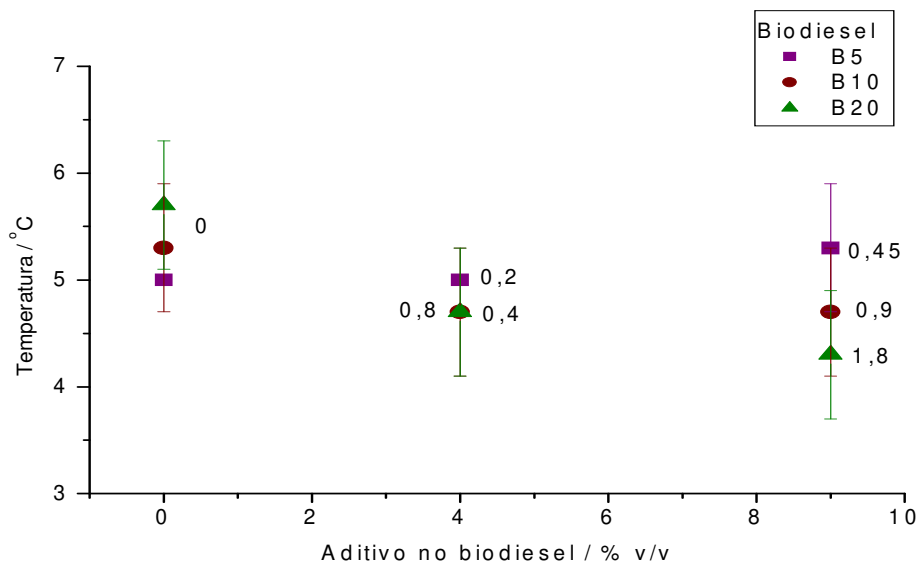
**Figura 30:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



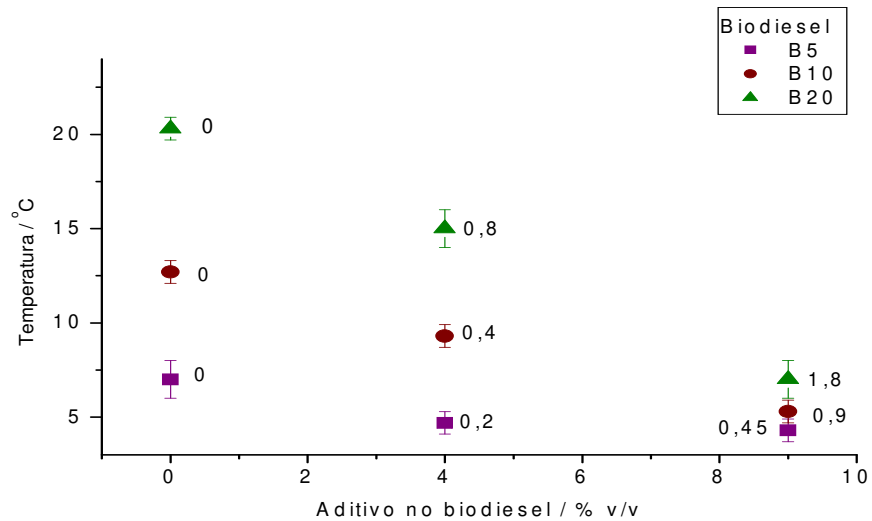
**Figura 31:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



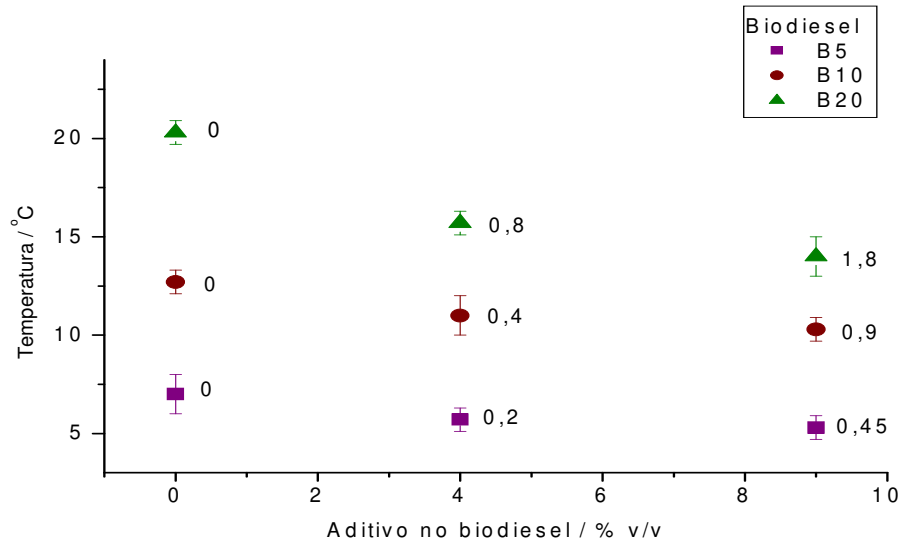
**Figura 32:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



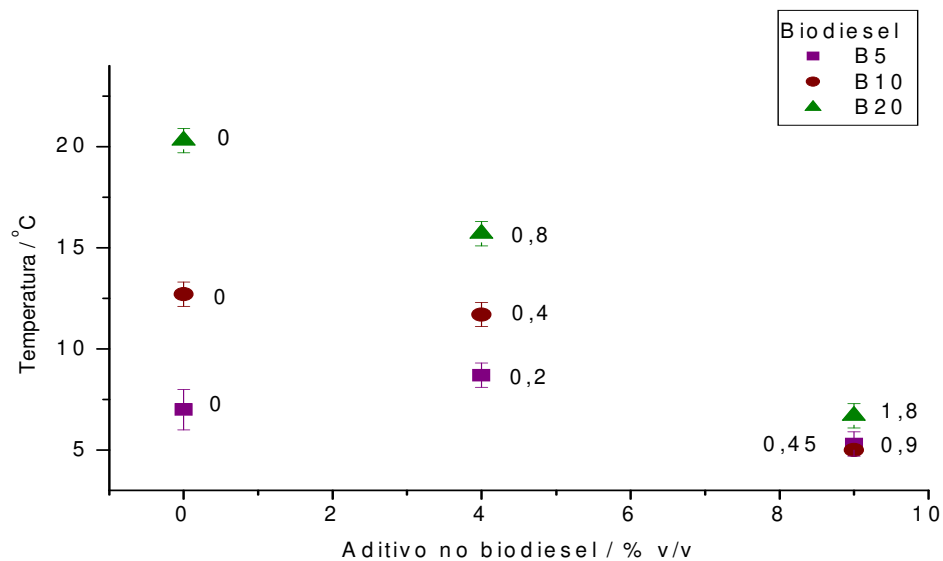
**Figura 33:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



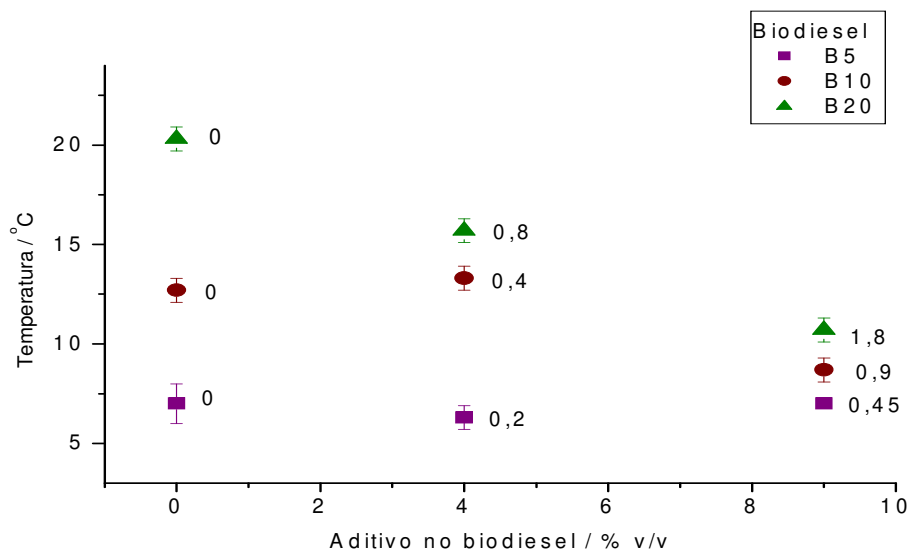
**Figura 34:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



**Figura 35:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



**Figura 36:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).



**Figura 37:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas no gráfico).

O ponto de entupimento a frio apresentou redução apenas nas misturas diesel-biodiesel de gordura suína (B5, B10 e B20) (Apêndice 3). Foram verificadas reduções de mais de 10°C no ponto de entupimento a frio com a inclusão dos aditivos.

Quando se analisam as diminuições ocorridas nos pontos de entupimento a frio de misturas diesel-biodiesel de gordura suína a 5% de biodiesel em volume, B5, o uso de 0,2% em volume de cânfora mostrou efeito significativo, bem como o uso de 0,45% em volume de limoneno. Por outro lado, o X1200 e a terebentina não apresentaram ação apreciável.

Diferentemente do caso do B5, todos os aditivos testados reduziram significativamente o ponto de entupimento das misturas diesel-biodiesel de gordura suína a 10% em volume, B10. Com o uso de 0,4% em volume foi possível reduzir significativamente esta propriedade usando-se cânfora ou limoneno. O X1200 e a terebentina mostraram efeito quando adicionados em quantidade correspondente a 0,9%, em volume. Foram observadas diminuições do ponto de entupimento da ordem de 5°C, para misturas B10.

Quando se aumenta a concentração de biodiesel de gordura suína na mistura diesel-biodiesel para 20% em volume, B20, o ponto de entupimento torna-se semelhante ao do biodiesel puro.

Foi aplicado, para comparação dos resultados obtidos o teste t pareado de Student. Observou-se decréscimo significativo dos pontos de entupimento a frio para todos os aditivos testados na mistura diesel-biodiesel de gordura suína a 20% em volume, B20 (Apêndice 3). O aumento da concentração dos aditivos de 0,8% para 1,8% resultou em diminuição adicional. O uso de limoneno mostrou ser menos efetivo, enquanto que a cânfora, o X1200 e a terebentina proporcionaram maiores reduções do ponto de entupimento a frio.

O uso de aditivos nas misturas diesel-biodiesel de gordura suína pode favorecer a utilização desta fonte de matéria-prima para síntese de biodiesel no Brasil. A cânfora e a terebentina proporcionaram às misturas citadas, pontos de entupimentos inferiores a 10°C. Este fato que pode viabilizar o uso de biodiesel de

gordura suína, nas misturas B5, B10 e B20, no Brasil, na maioria dos seus estados e durante a maior parte do ano.

## **4.6. TURBIDEZ**

### **4.6.1. BIODIESEL – B100**

Durante a realização dos ensaios de ponto de entupimento usando-se a metodologia da ASTM D6371 (ASTM Standard D6371, 1999), percebeu-se que ocorria a formação de partículas sólidas nos combustíveis com o resfriamento. Assim surgiu a necessidade de se determinar a temperatura do aparecimento das primeiras partículas sólidas nas amostras, e verificar se este fenômeno ocorria antes, concomitante ou após o ponto de entupimento a frio.

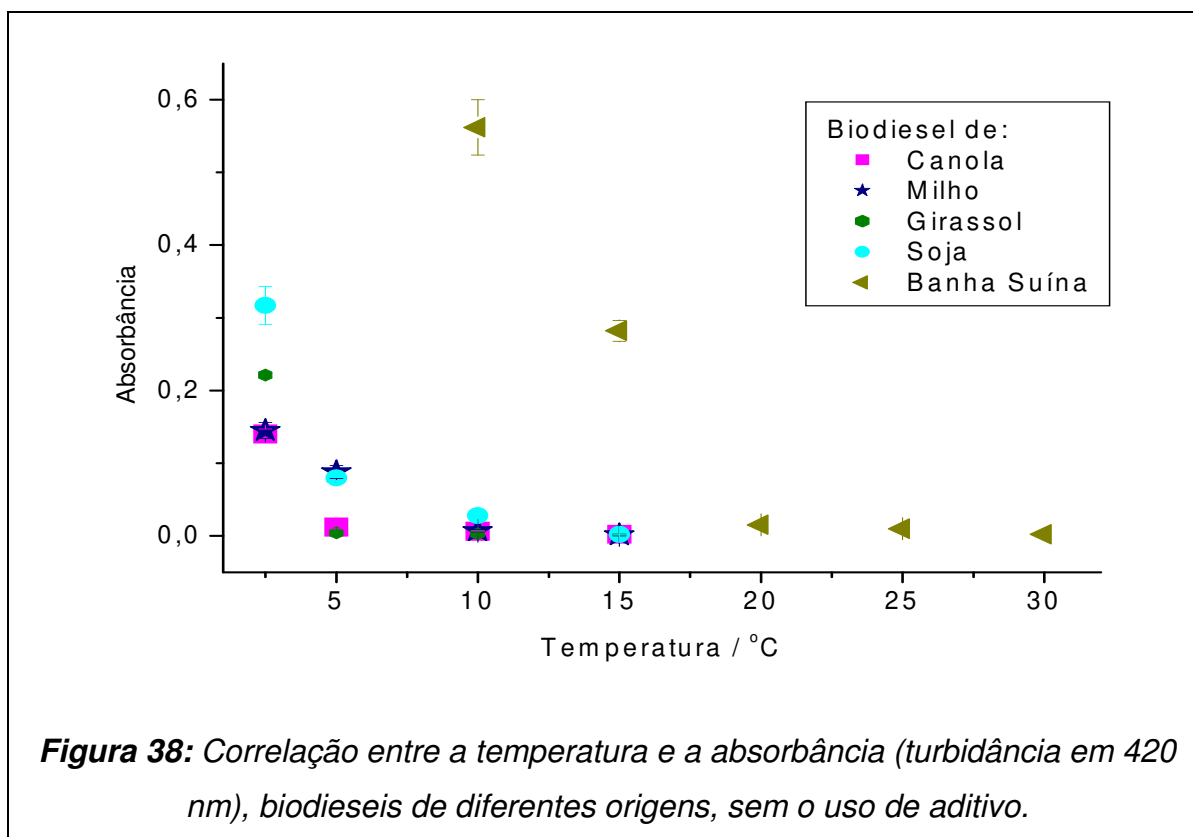
A metodologia ASTM D2500, indicada para a determinação do ponto de nuvem (Apêndice 9) dos combustíveis seria uma opção para ser usada. Porém da mesma forma que no teste do ponto de entupimento a frio, o combustível é acondicionado em um aparato que não permite o acompanhamento visual do estado do combustível durante o teste (ASTM Standard D2500, 2011). Houve, portanto, a necessidade de um procedimento que mostrasse o momento em que ocorria a formação das primeiras partículas sólidas. Optou-se, então em fazer uso da turbidimetria, devido ao fato que este tipo de técnica permite identificar os primeiros momentos da formação de partículas sólidas em suspensão numa solução.

Foram feitas determinações de turbidância (absorbância) a 420 nm e caminho óptico 10 mm, valores comumente usados para este tipo de medidas. Variou-se a temperatura em uma faixa de aproximadamente 30°C.

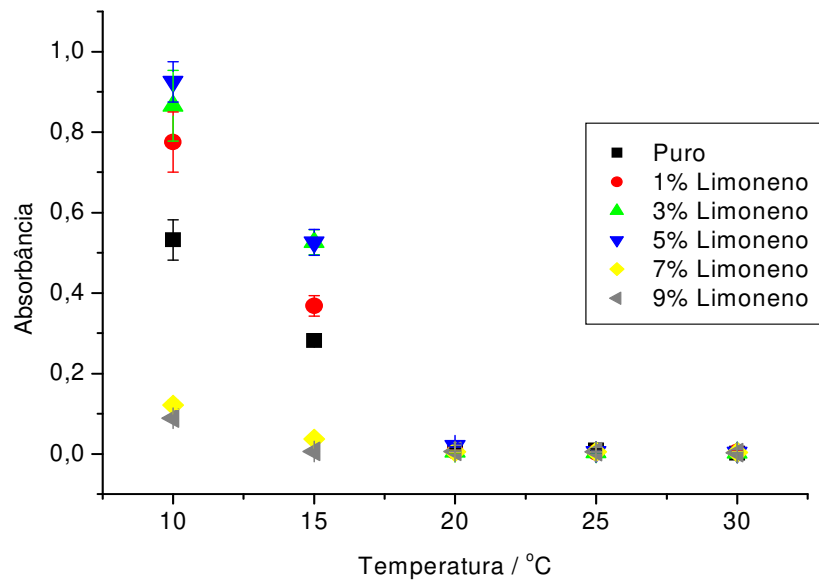


Os experimentos foram realizados para o biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína. Os resultados obtidos para os biodieseis puros de diferentes origens, bem como dos biodieseis aditivados com diferentes aditivos em diferentes concentrações, e em função da temperatura, encontram-se no apêndice 4, nas tabelas 40 a 60.

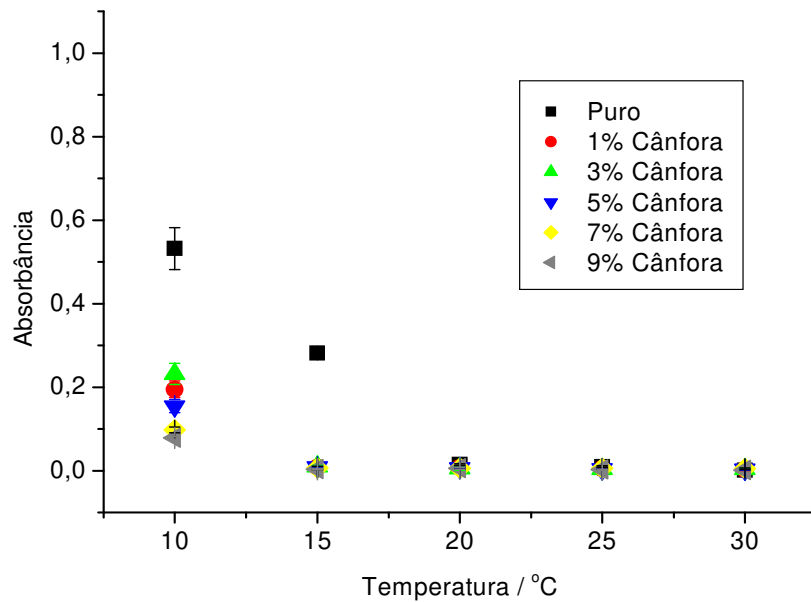
Para se determinar a temperatura do aparecimento das primeiras partículas sólidas nos combustíveis, os dados obtidos foram correlacionados em gráficos da absorvância (turbidância) em função da temperatura. Estes podem ser vistos nas figuras de 38 a 58.



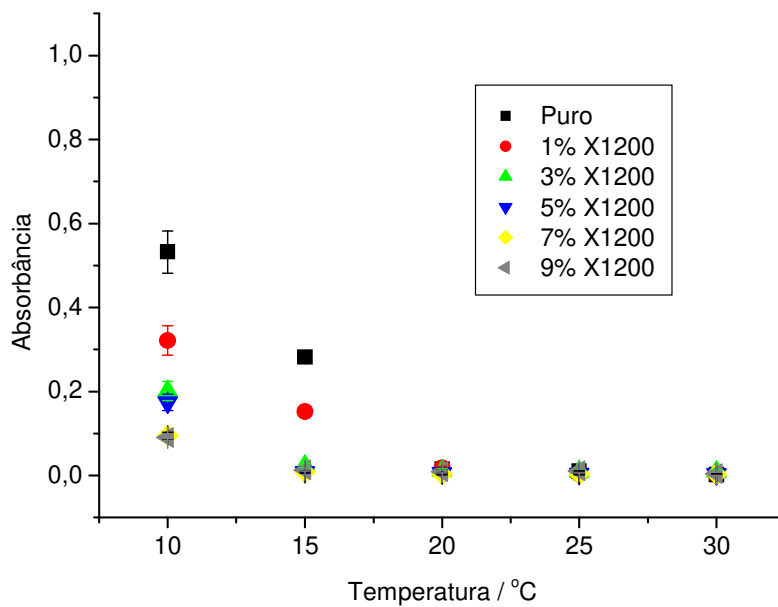
**Figura 38:** Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm), biodieseis de diferentes origens, sem o uso de aditivo.



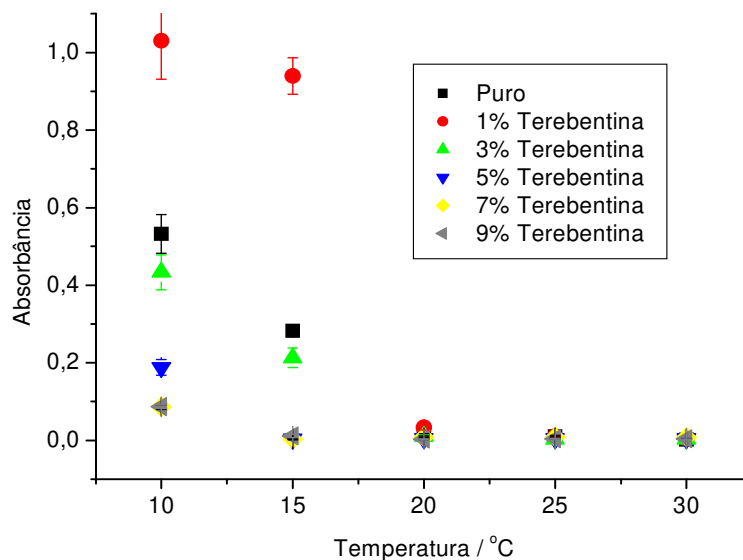
**Figura 39:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com limoneno em diferentes concentrações.



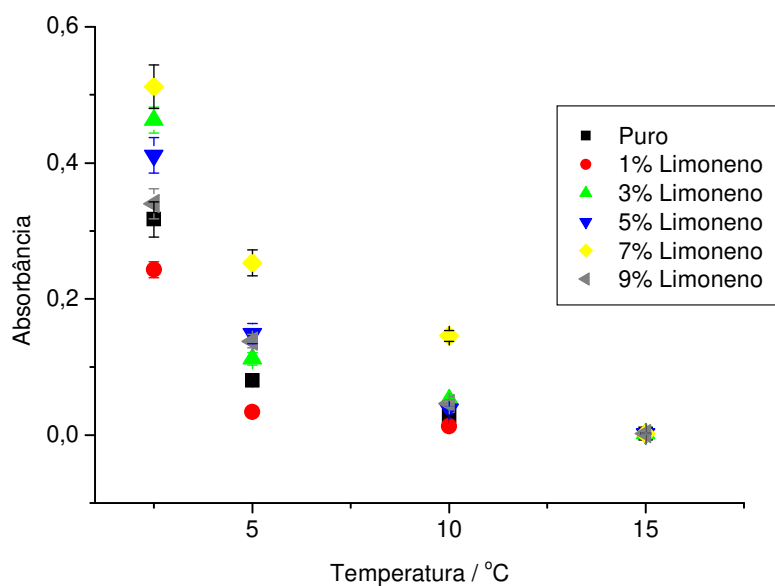
**Figura 40:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com cânfora em diferentes concentrações.



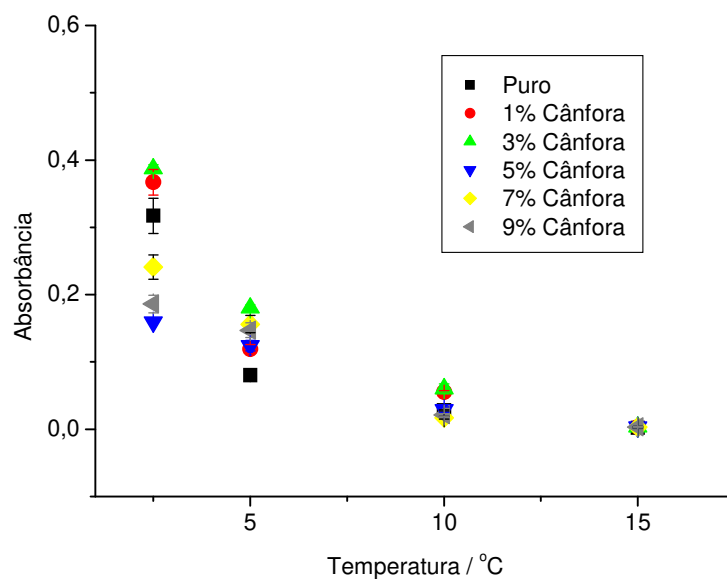
**Figura 41:** Correlação entre a temperatura e a absorbância, (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com X1200 em diferentes concentrações.



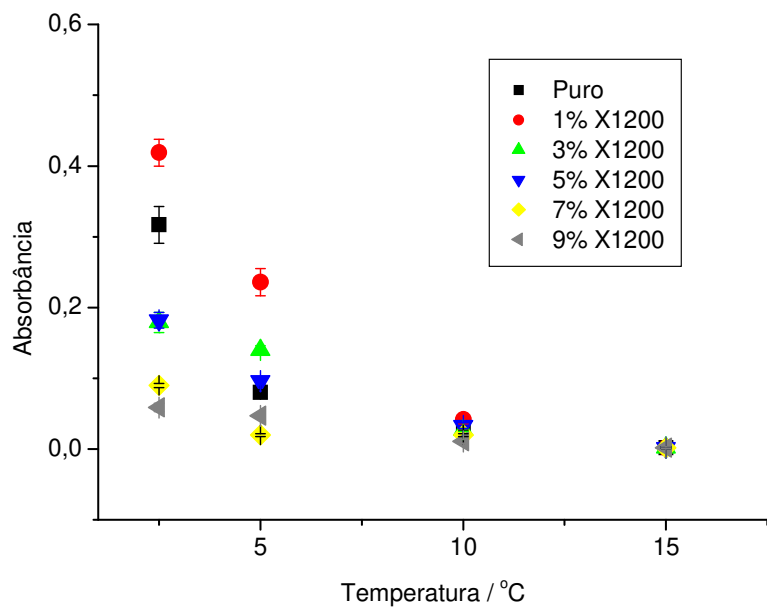
**Figura 42:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de gordura suína aditivado com terebentina em diferentes concentrações.



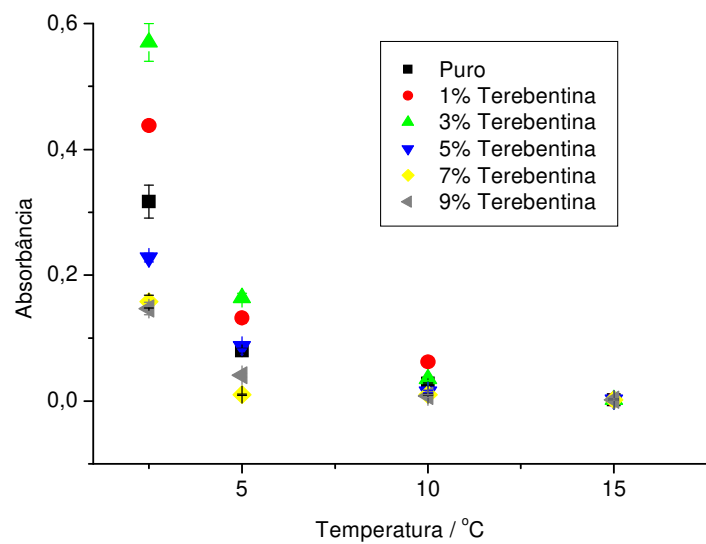
**Figura 43:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com limoneno em diferentes concentrações.



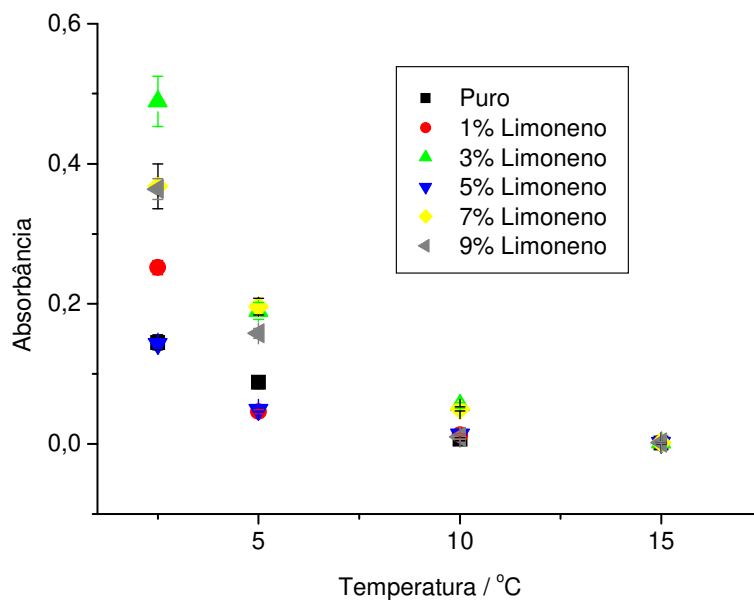
**Figura 44:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com cânfora em diferentes concentrações.



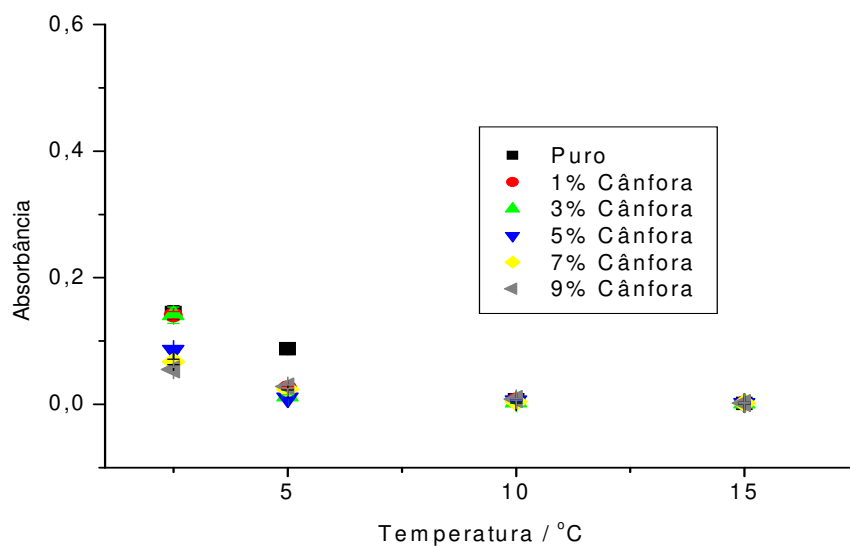
**Figura 45:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com X1200 em diferentes concentrações.



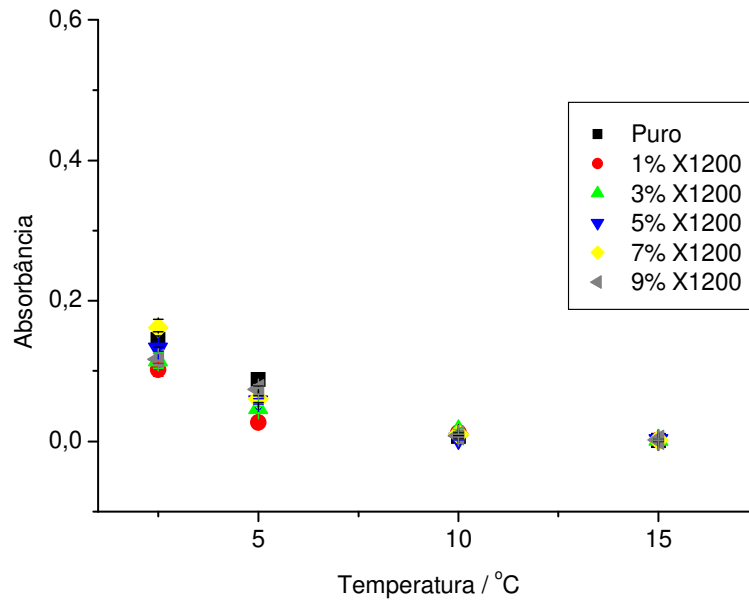
**Figura 46:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de soja aditivado com terebentina em diferentes concentrações.



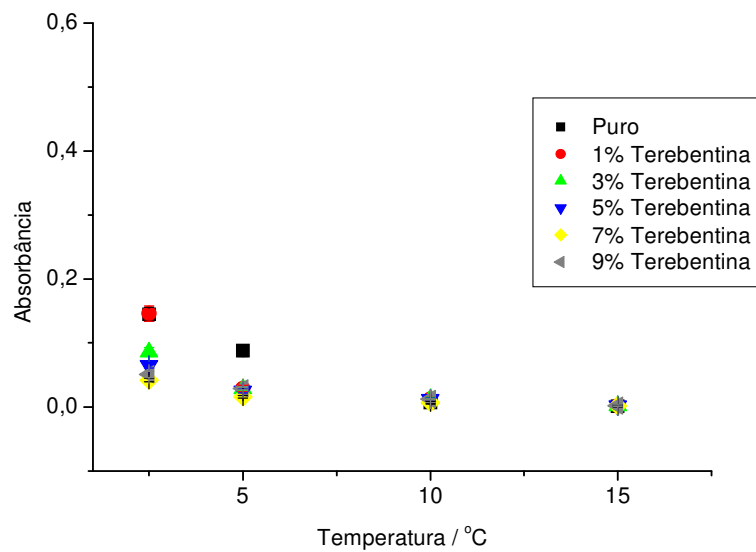
**Figura 47:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com limoneno em diferentes concentrações.



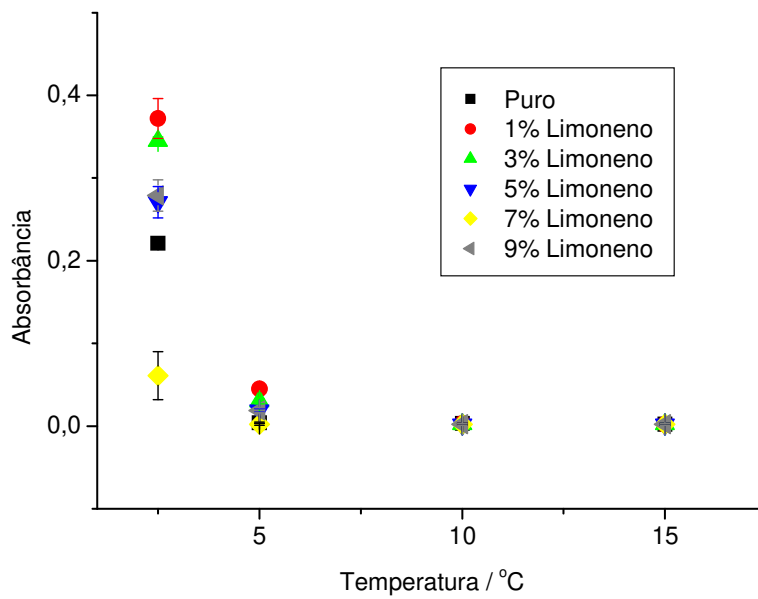
**Figura 48:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com cânfora em diferentes concentrações.



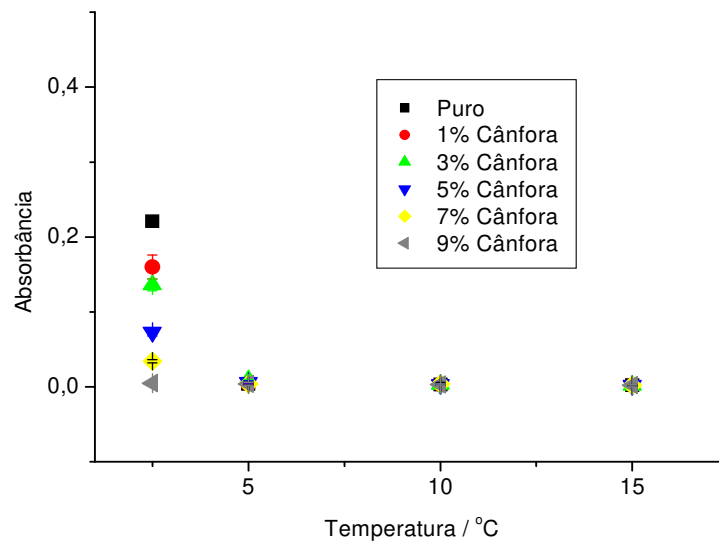
**Figura 49:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com X1200 em diferentes concentrações.



**Figura 50:** Correlação entre a temperatura e a absorbância, (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de milho aditivado com terebentina em diferentes concentrações.

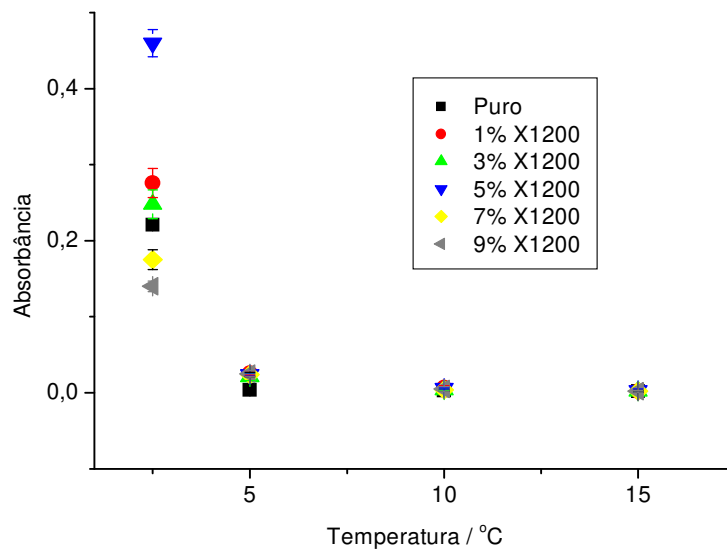


**Figura 51:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com limoneno em diferentes concentrações.

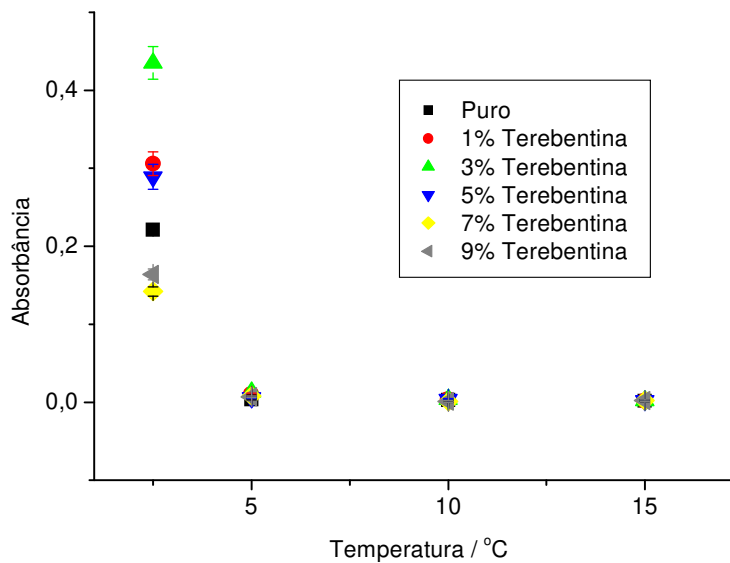


**Figura 52:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com cânfora em diferentes concentrações.

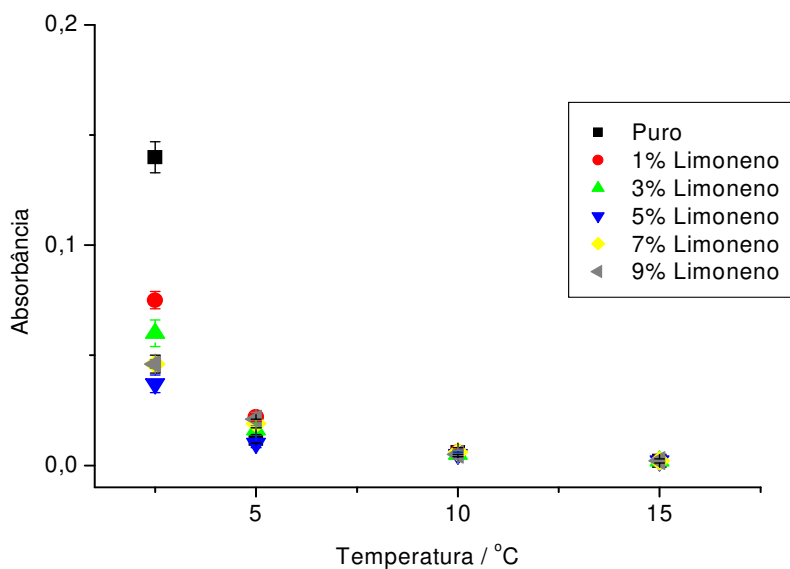




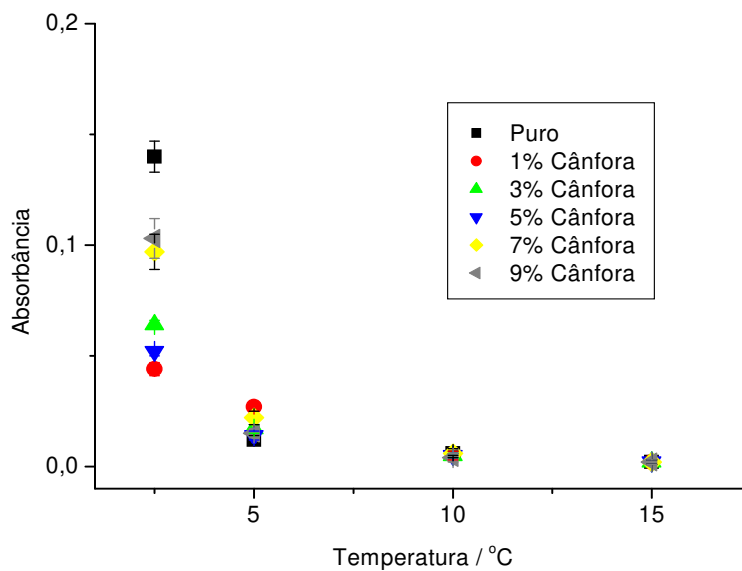
**Figura 53:** Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com X1200 em diferentes concentrações.



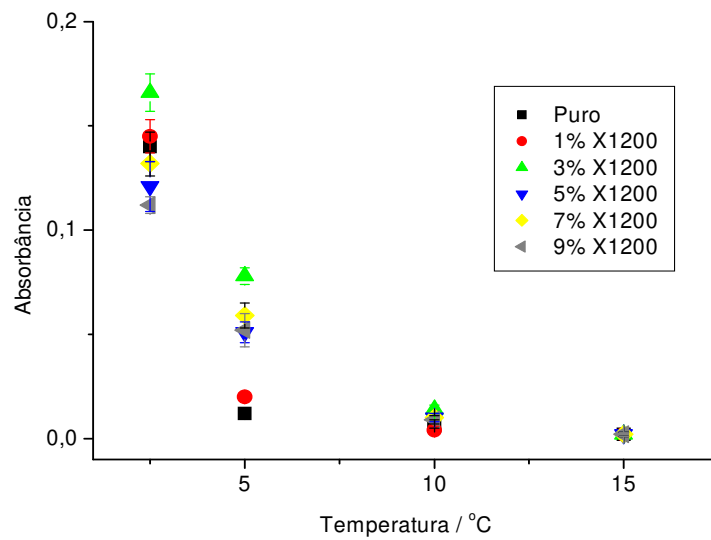
**Figura 54:** Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de girassol aditivado com terebentina em diferentes concentrações.



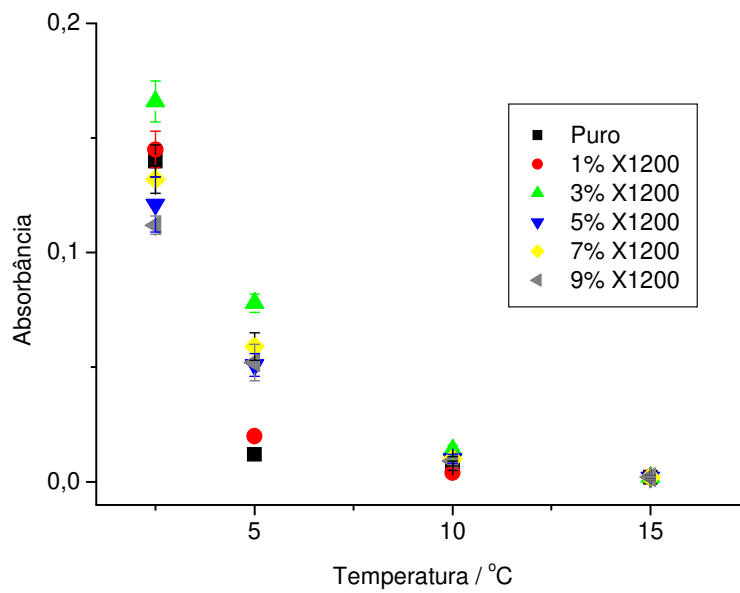
**Figura 55:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com limoneno em diferentes concentrações.



**Figura 56:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com cânfora em diferentes concentrações.



**Figura 57:** Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com X1200 em diferentes concentrações.



**Figura 58:** Correlação entre a temperatura e a absorvância (turbidância em 420 nm), do biodiesel de óleo de canola aditivado com terebentina em diferentes concentrações.

Para os experimentos foi usado um espectrofotômetro UV-visível duplo feixe Shimadzu UV-2450 equipado com suporte de celas termostaticado por sistema Peltier.

O resfriamento das amostras foi feito no suporte das cubetas, mantendo a solução de referência (contendo o biodiesel puro) à temperatura ambiente. A temperatura foi variada numa faixa de 30°C, alcançando-se um mínimo de 3°C devido a limitações do equipamento.

Em função da umidade do ar, em temperaturas mais baixas, a partir de , aproximadamente 15 °C, havia condensação de água sobre as paredes das cubetas e nas janelas do sistema óptico do aparelho. Foi então instalado um sistema que injetava ar seco no compartimento de cubetas do espectrofotômetro. Este consistiu numa bomba de ar e um tubo de plástico contendo uma coluna de sílica gel para a absorção da umidade.

Assim, com o uso desta técnica, foi possível determinar as temperaturas de turbidez no item 4.7. Temperatura de turbidez (4.7.1. Biodiesel – B100).

#### **4.6.2. DIESEL E MISTURA DIESEL-BIODIESEL – B0, B5, B10 e B20.**

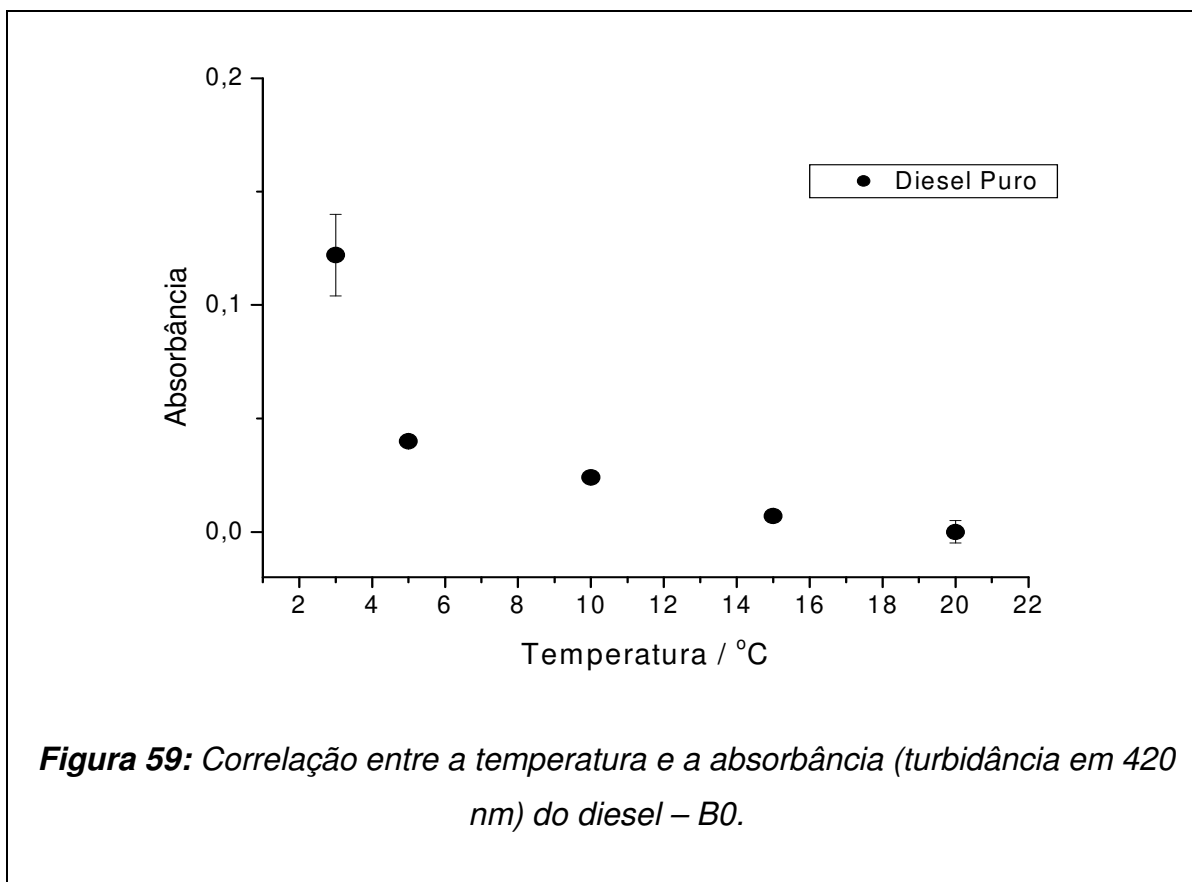
Os ensaios de turbidez foram realizados para se determinar a temperatura em que aparecem as primeiras partículas sólidas nas amostras. O procedimento proporcionou o monitoramento da formação de partículas sólidas em tempo real.

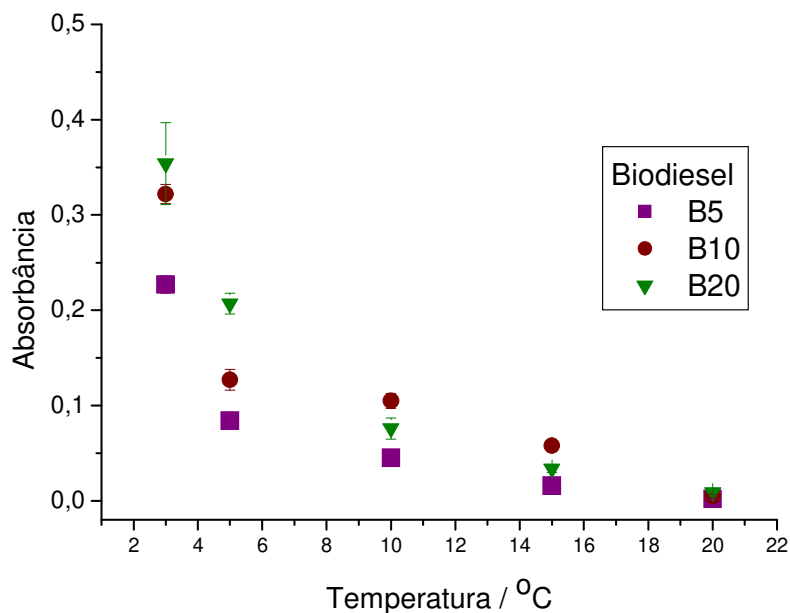
Similar ao realizado no item anterior, o intuito de se determinar a temperatura do surgimento das primeiras partículas sólidas nas amostras foi verificar se este fenômeno ocorria antes, concomitante ou após o ponto de entupimento a frio.

Os experimentos foram realizados para diesel puro, B0, e também para mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína, em diferentes proporções (B5, B10 e B20).

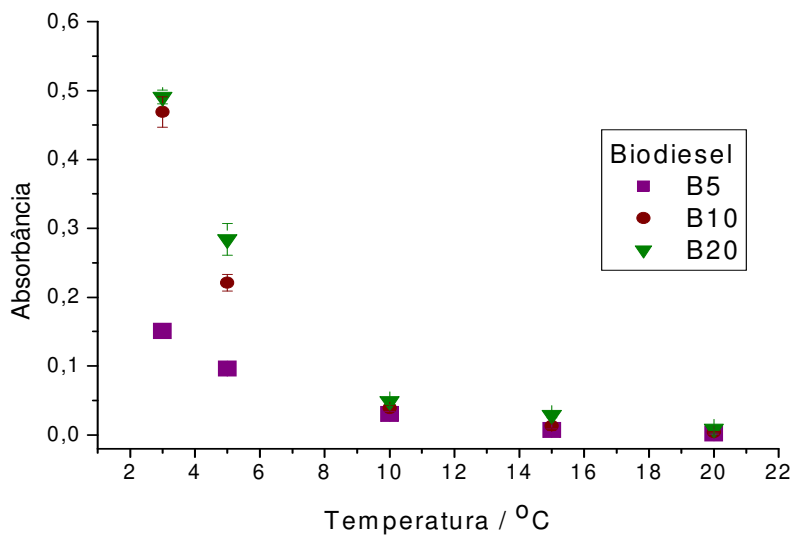
Ainda foram feitos experimentos com o uso dos diferentes tipos de aditivos, em diferentes concentrações. Os resultados encontram-se no apêndice 5, nas tabelas de 61 a 106.

Para a determinação da temperatura do aparecimento das primeiras partículas sólidas nos combustíveis, os dados obtidos foram correlacionados em gráficos da absorvância em função da temperatura, como pode ser visto nas figuras de 58 a 103.

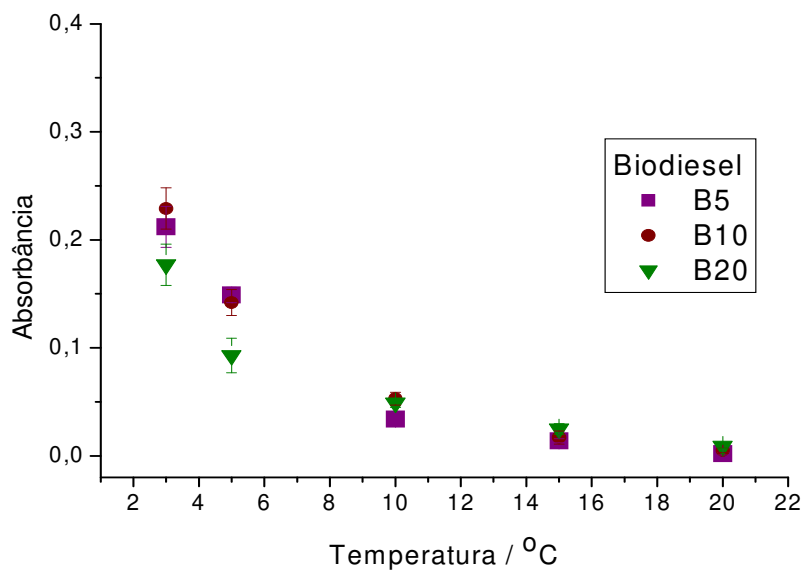




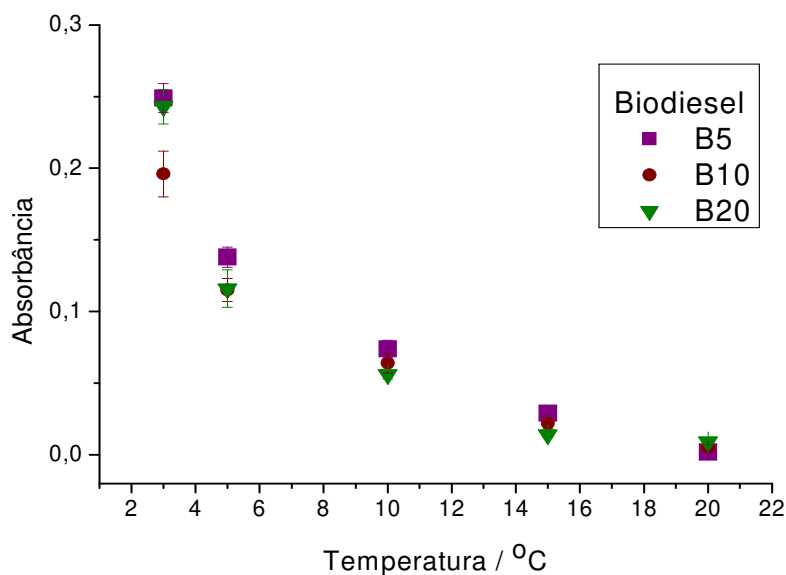
**Figura 60:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo.



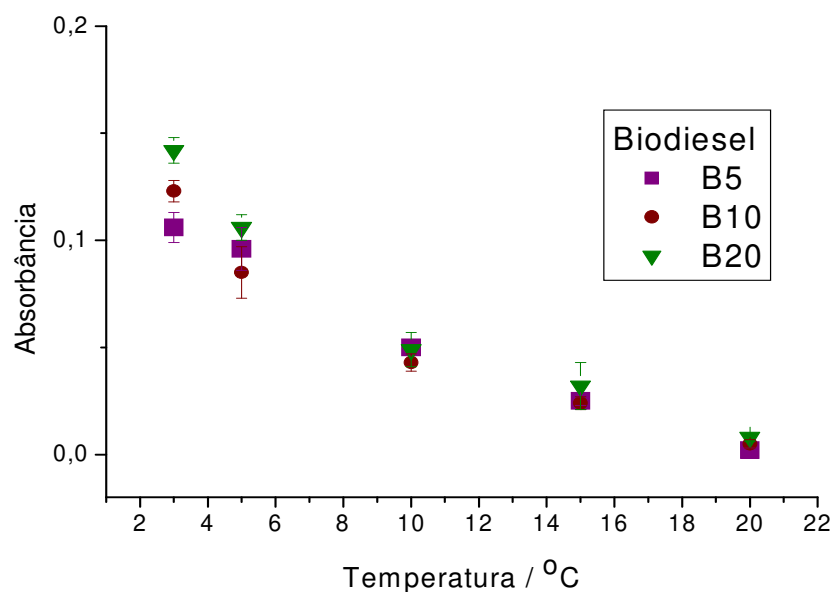
**Figura 61:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.



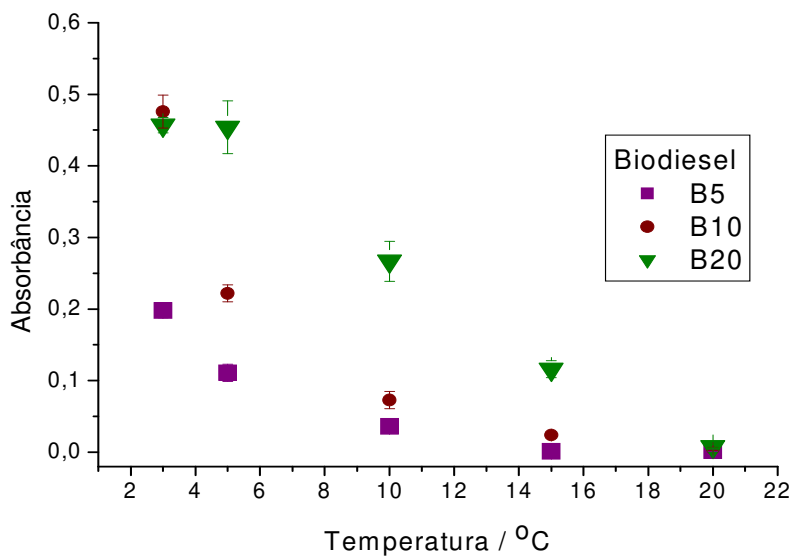
**Figura 62:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.



**Figura 63:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.

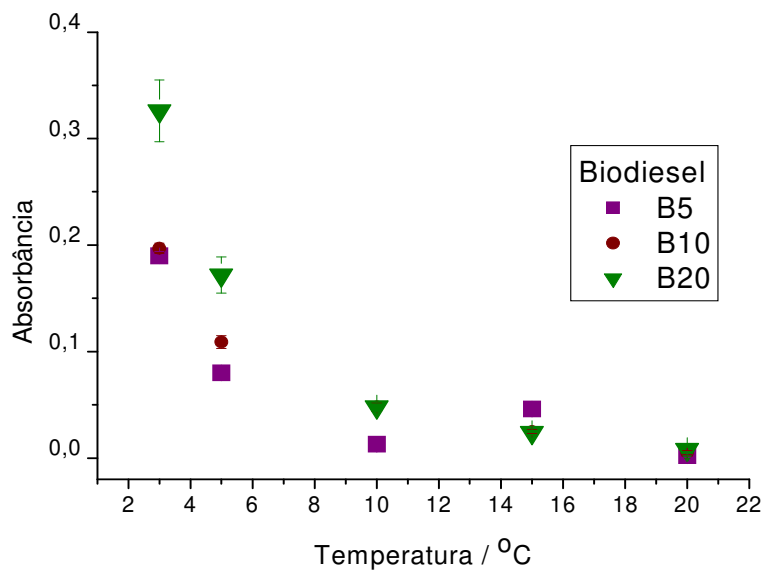


**Figura 64:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.

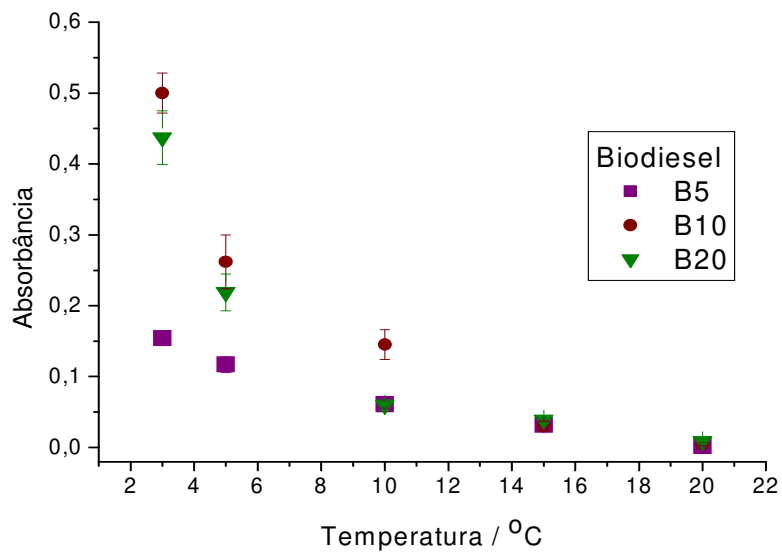


**Figura 65:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.

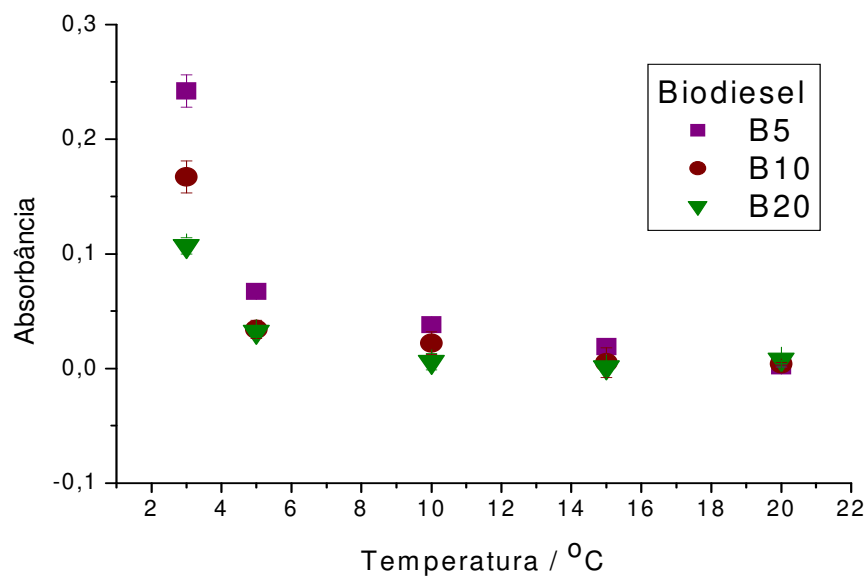




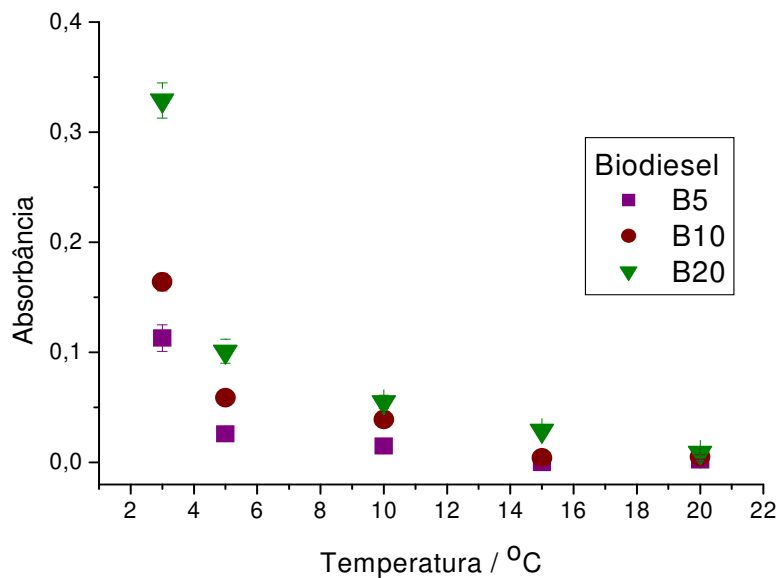
**Figura 66:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância onda em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.



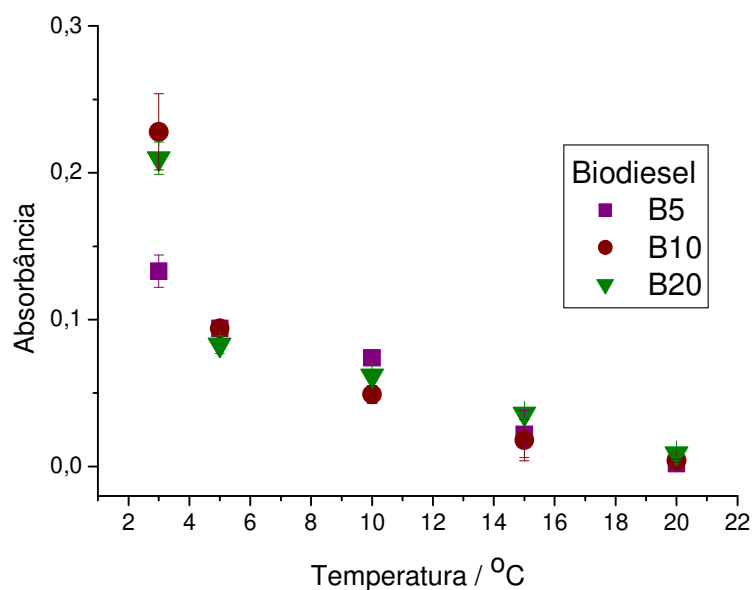
**Figura 67:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.



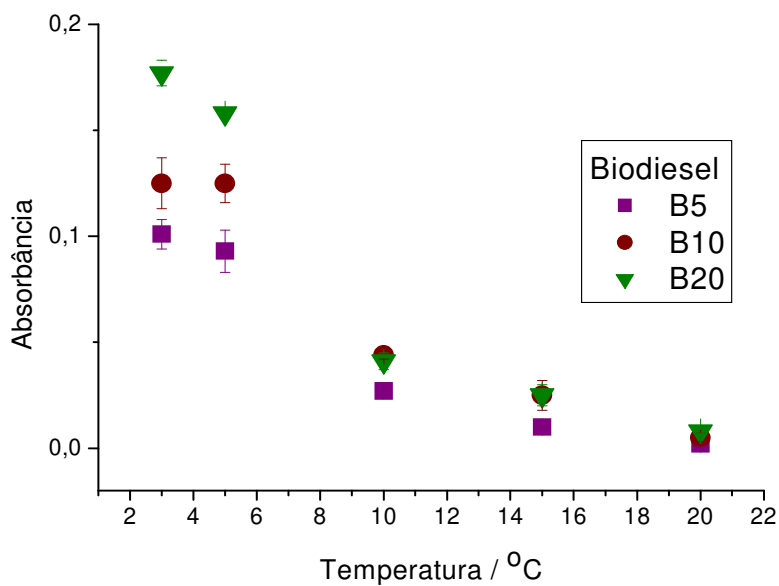
**Figura 68:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.



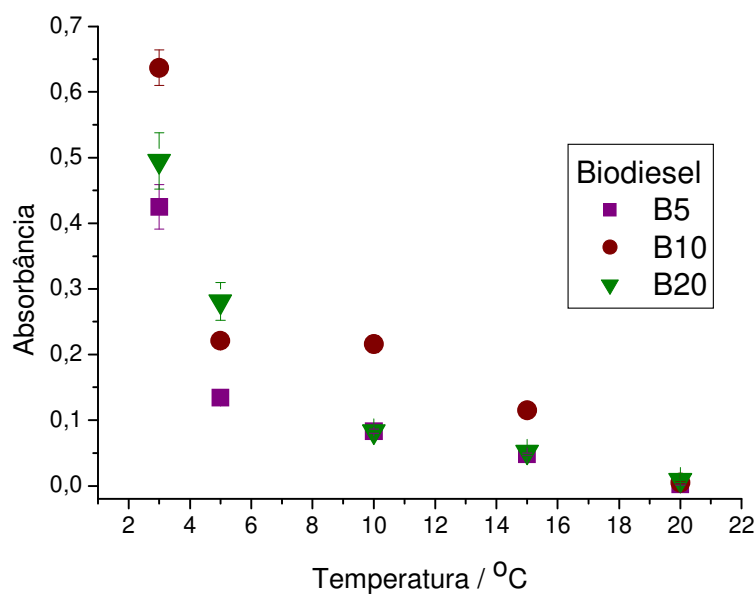
**Figura 69:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – sem aditivo.



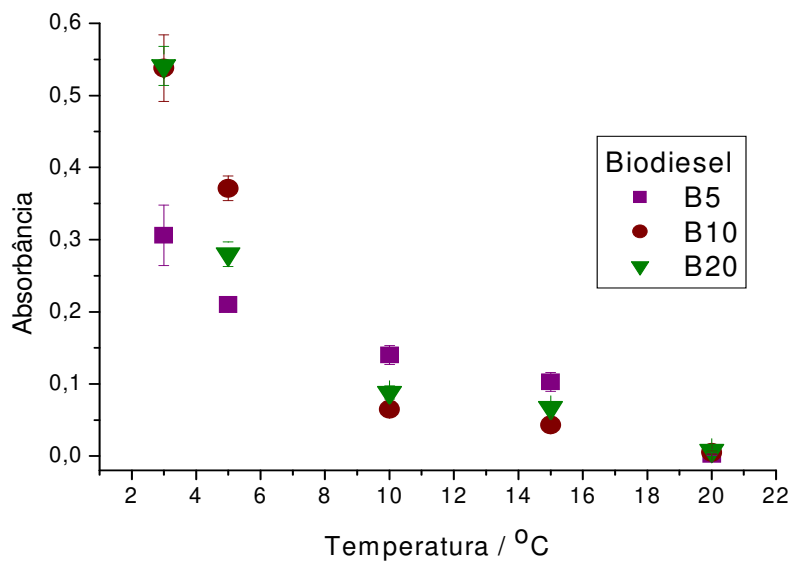
**Figura 70:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.



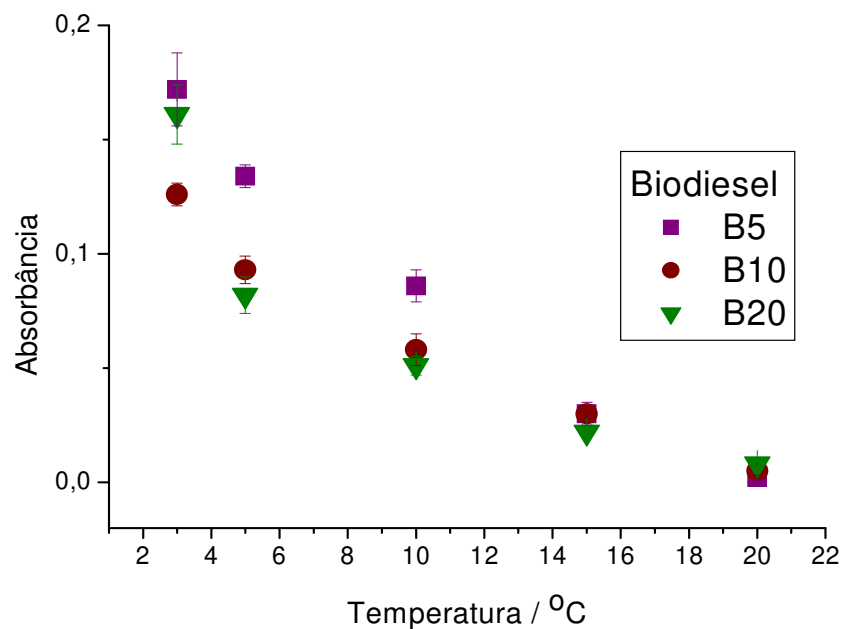
**Figura 71:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.



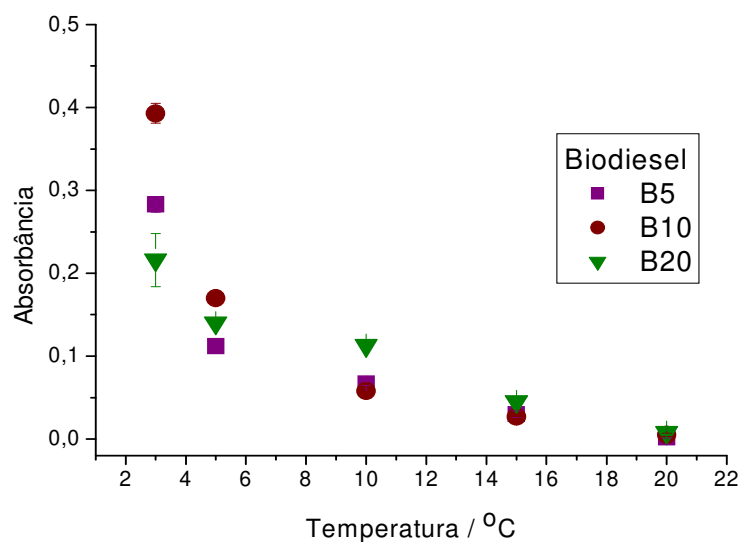
**Figura 72:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.



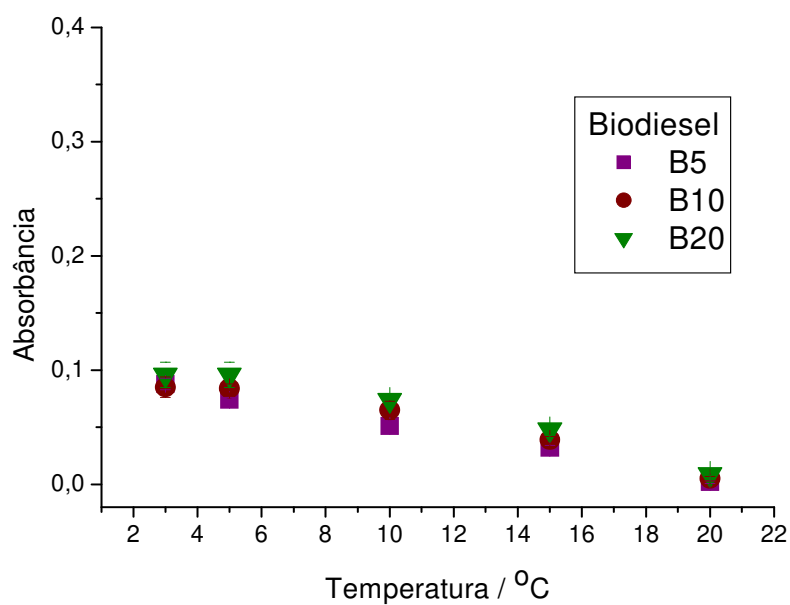
**Figura 73:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.



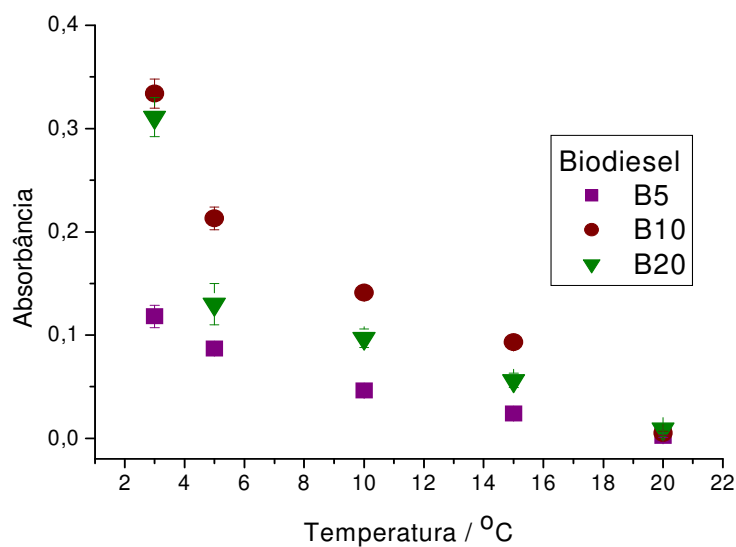
**Figura 74:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.



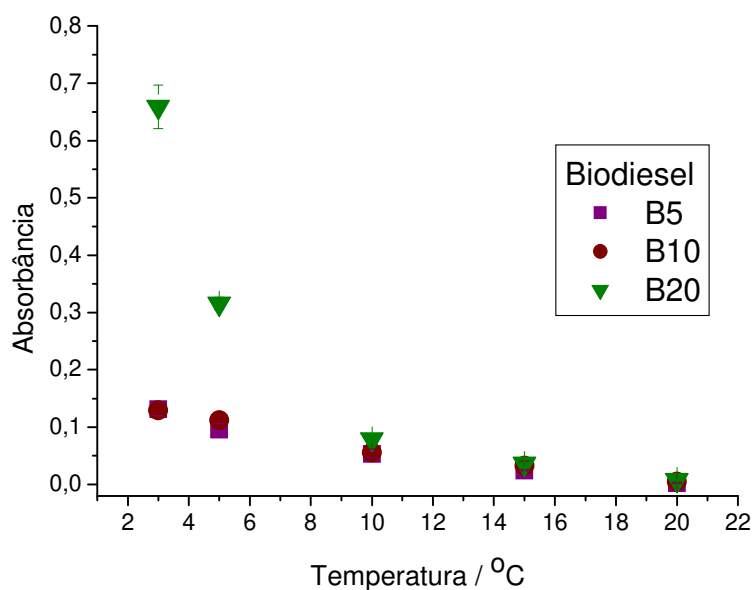
**Figura 75:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.



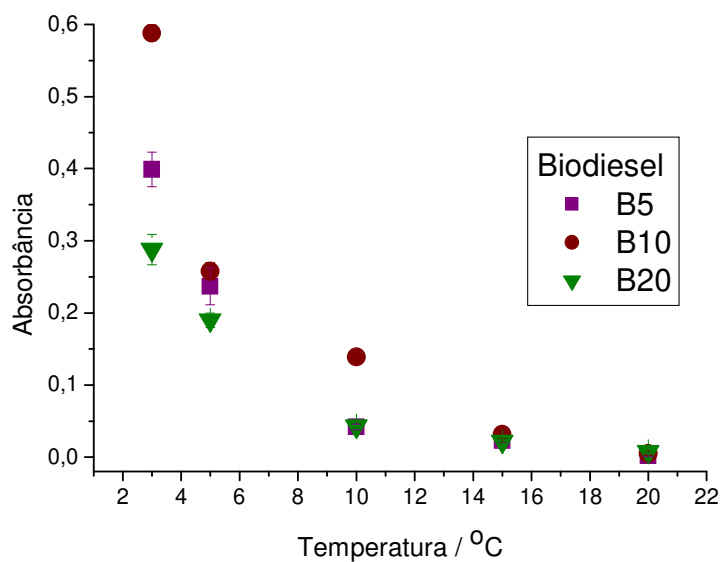
**Figura 76:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.



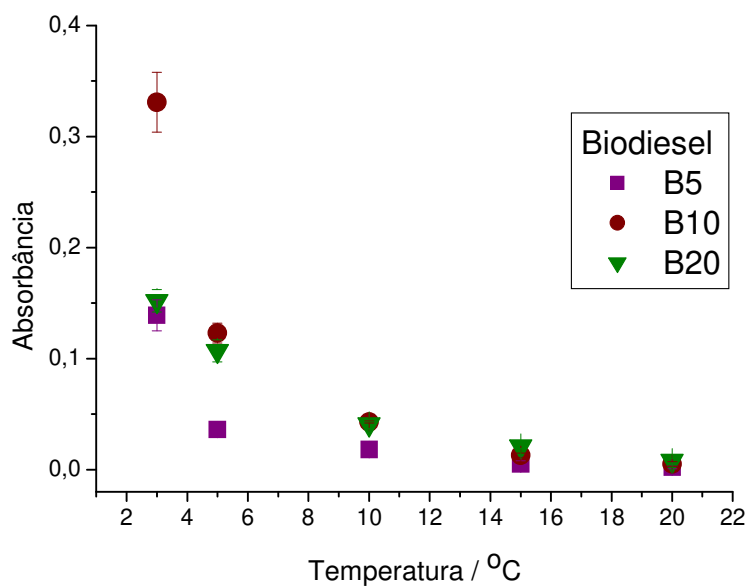
**Figura 77:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.



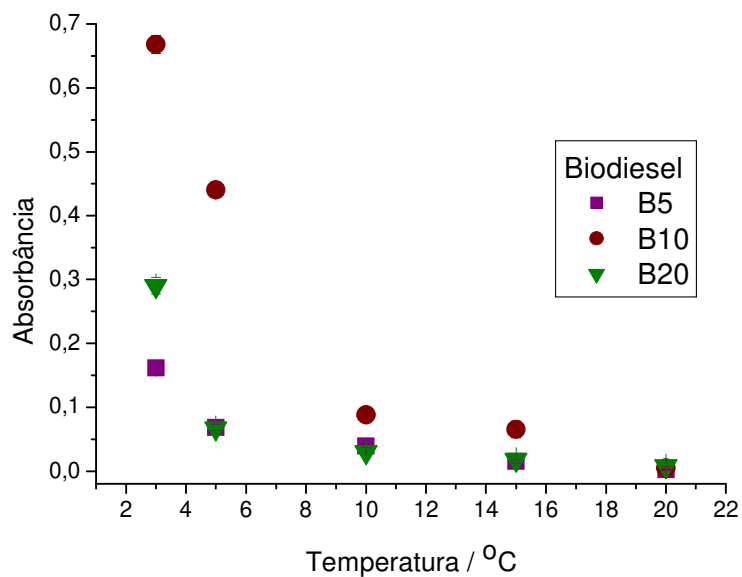
**Figura 78:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – sem aditivo



**Figura 79:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.

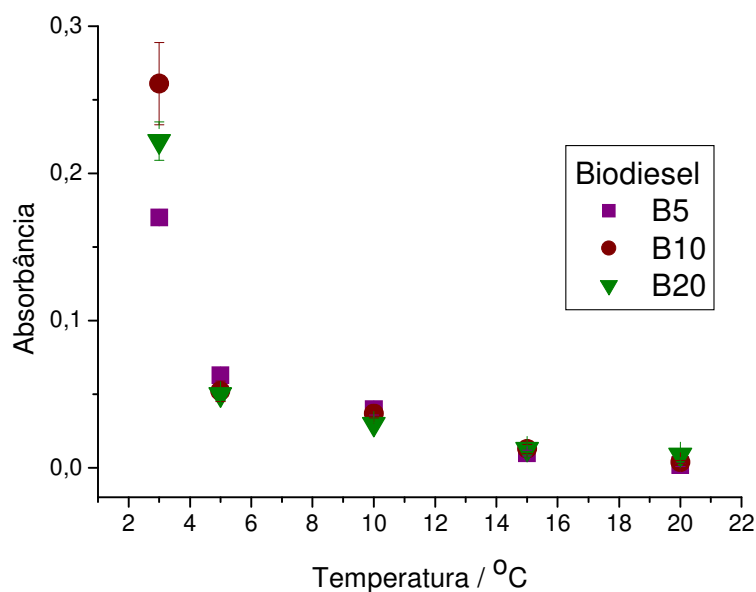


**Figura 80:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.

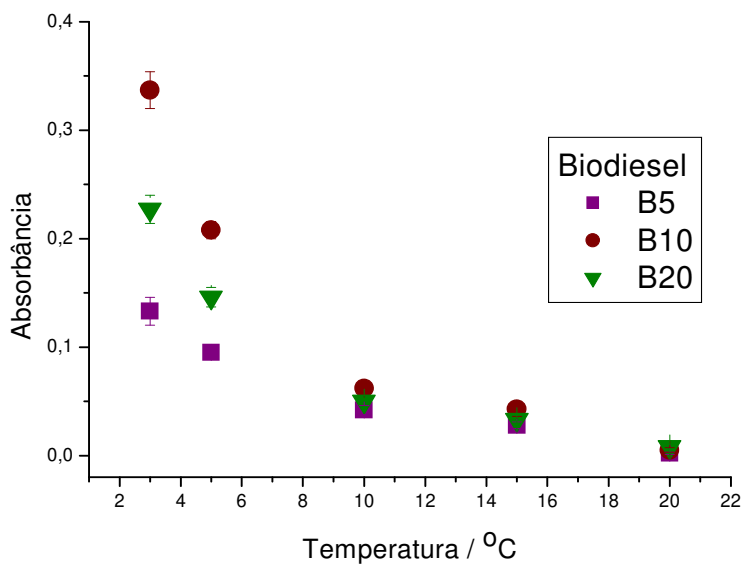


**Figura 81:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.

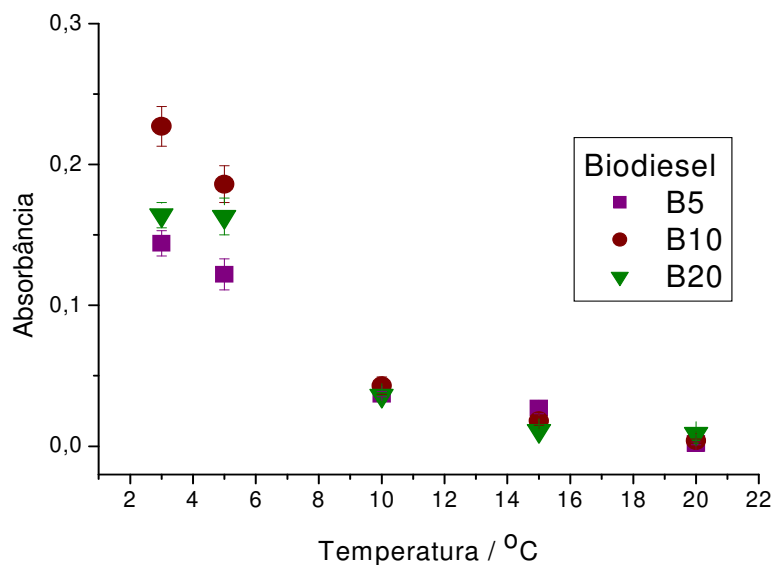




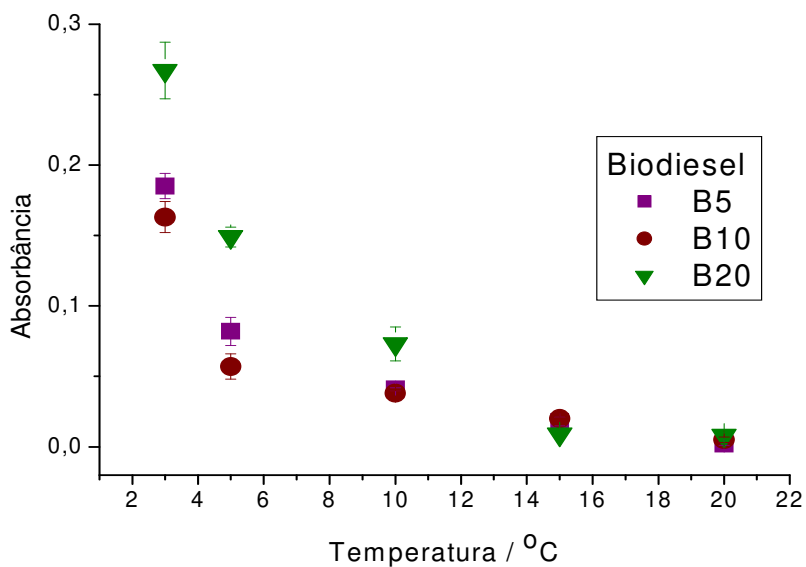
**Figura 82:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.



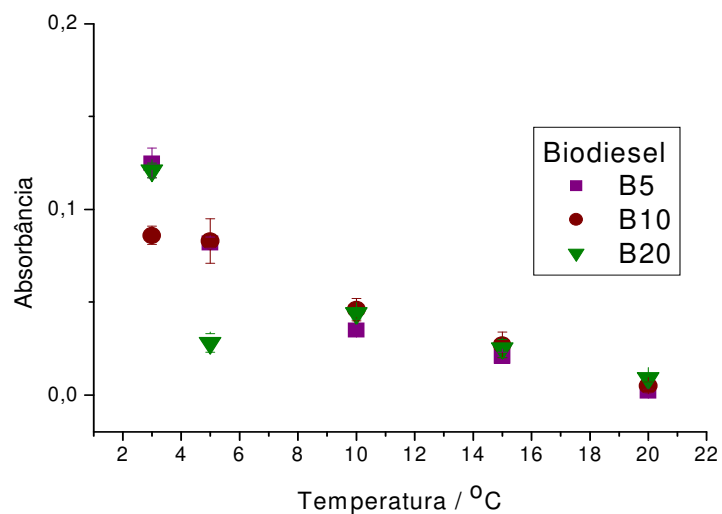
**Figura 83:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.



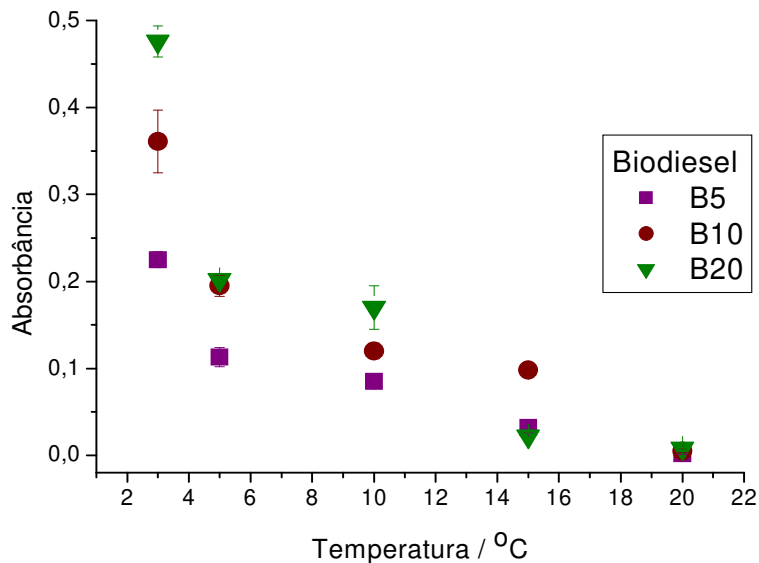
**Figura 84:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.



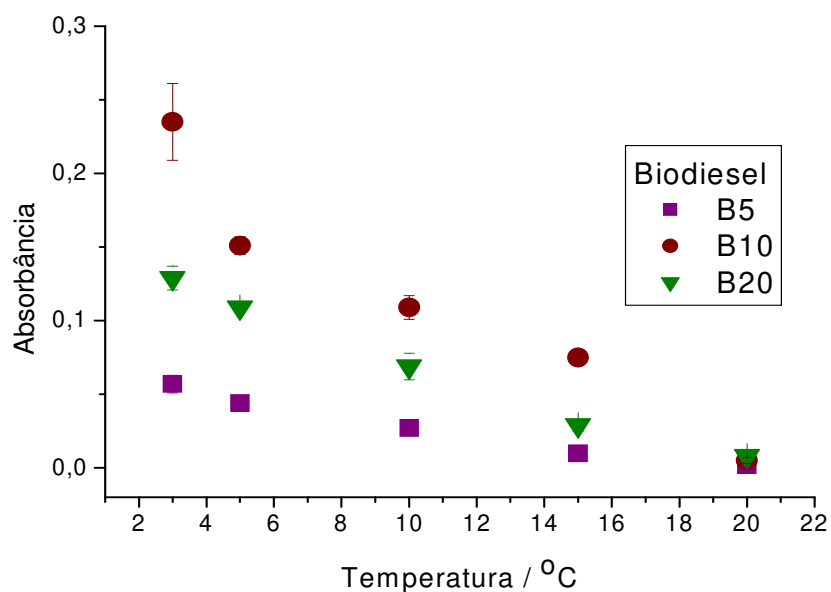
**Figura 85:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.



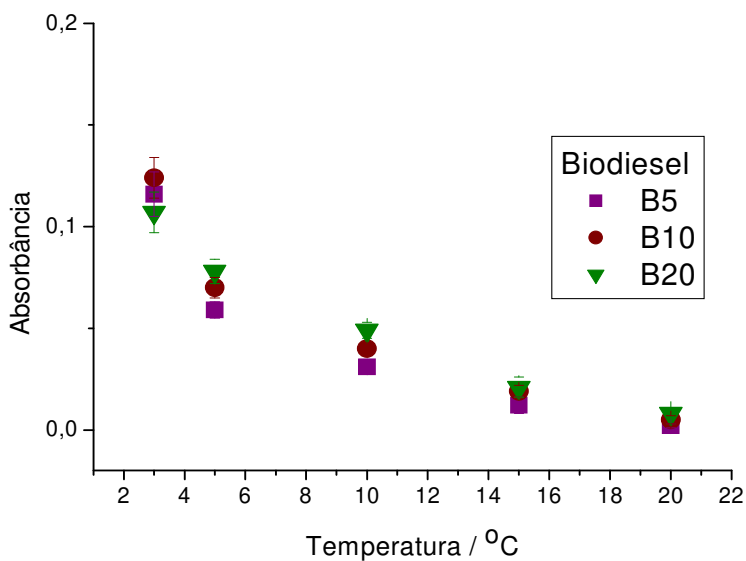
**Figura 86:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.



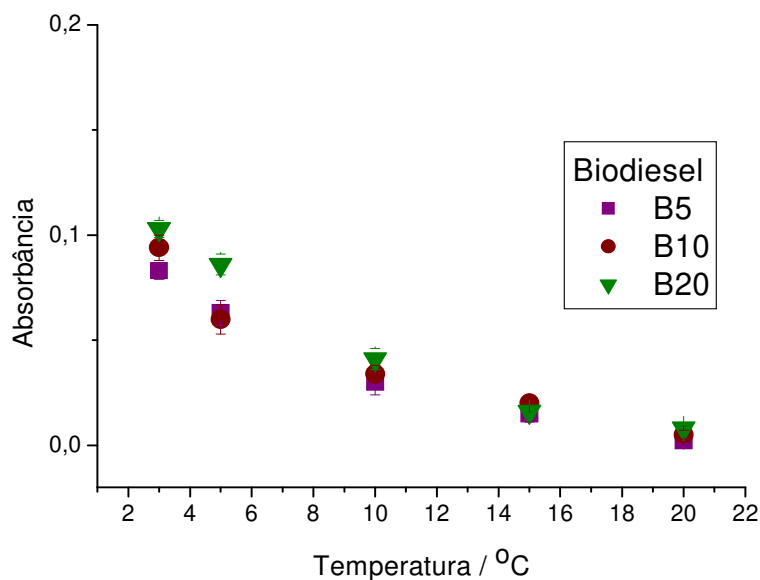
**Figura 87:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – sem aditivo.



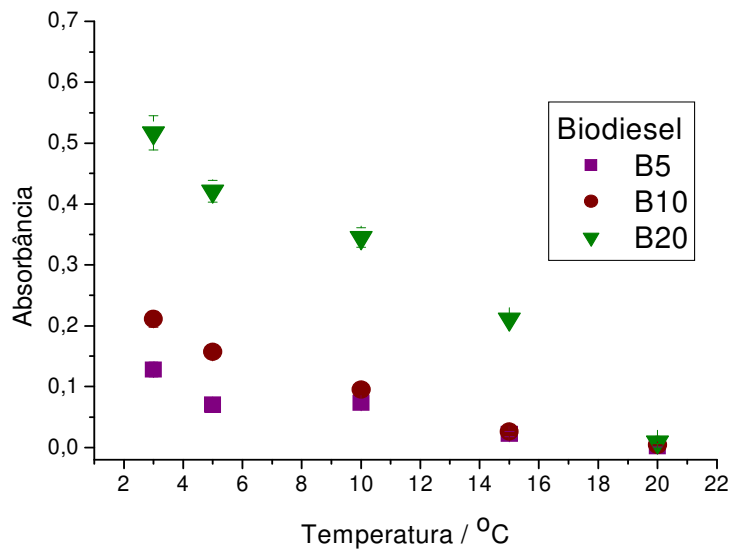
**Figura 88:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.



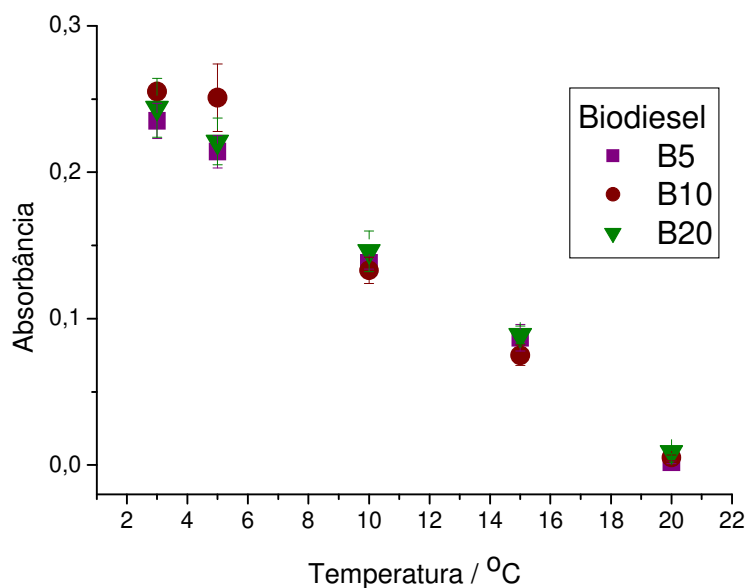
**Figura 89:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.



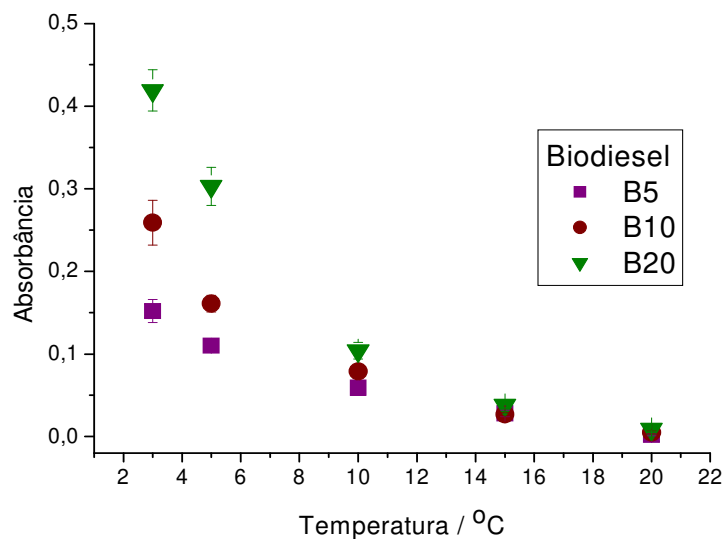
**Figura 90:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.



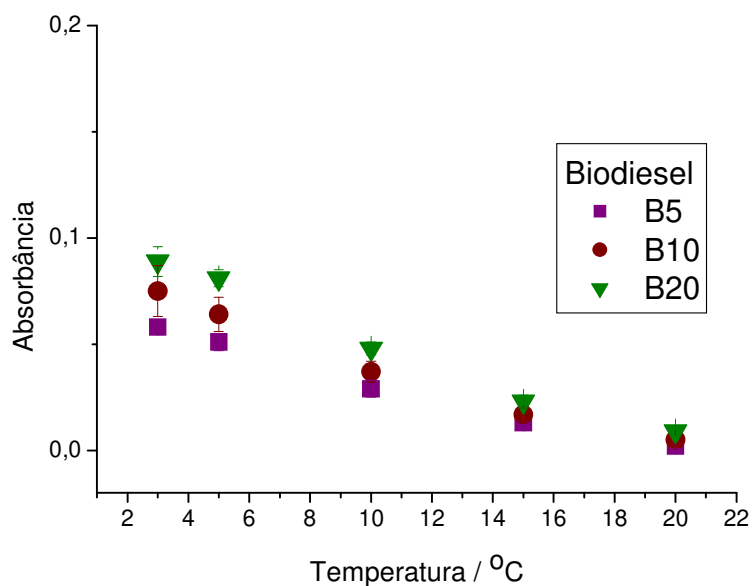
**Figura 91:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.



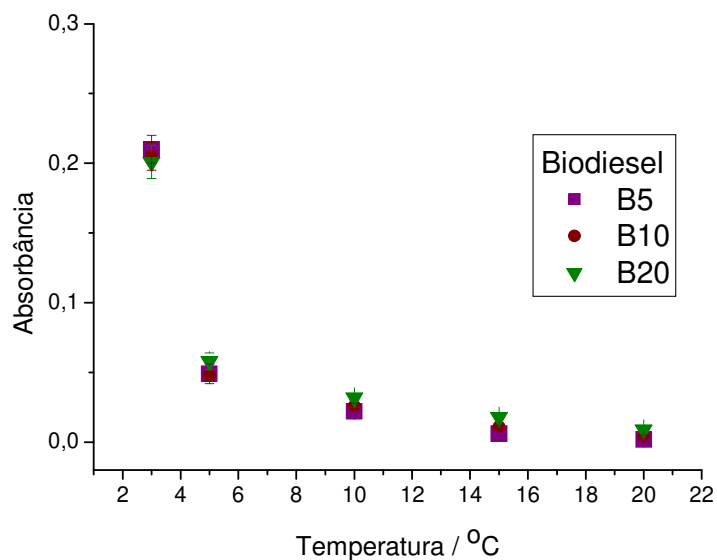
**Figura 92:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.



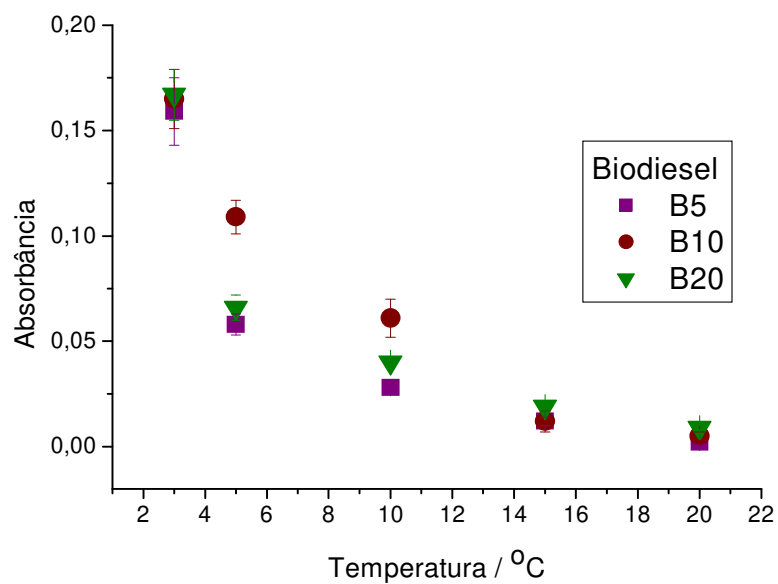
**Figura 93:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.



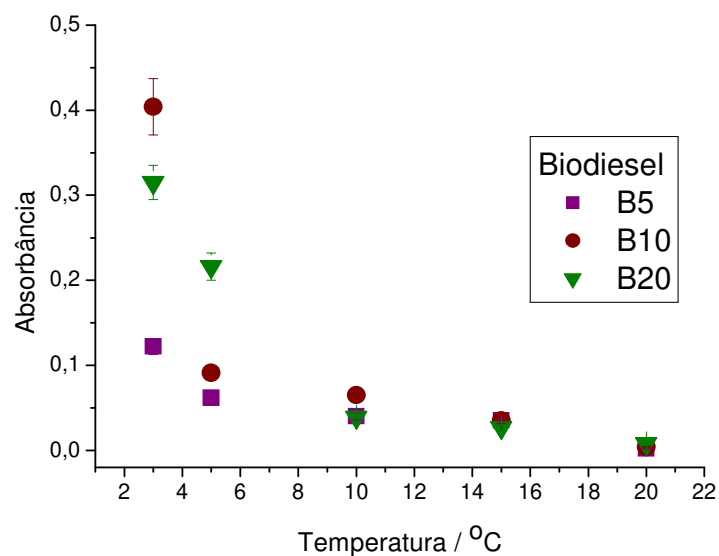
**Figura 94:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.



**Figura 95:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.

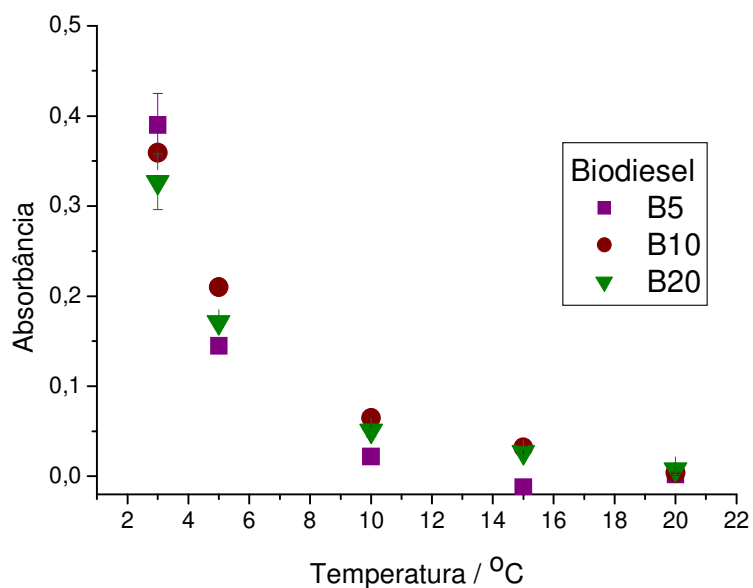


**Figura 96:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – sem aditivo.

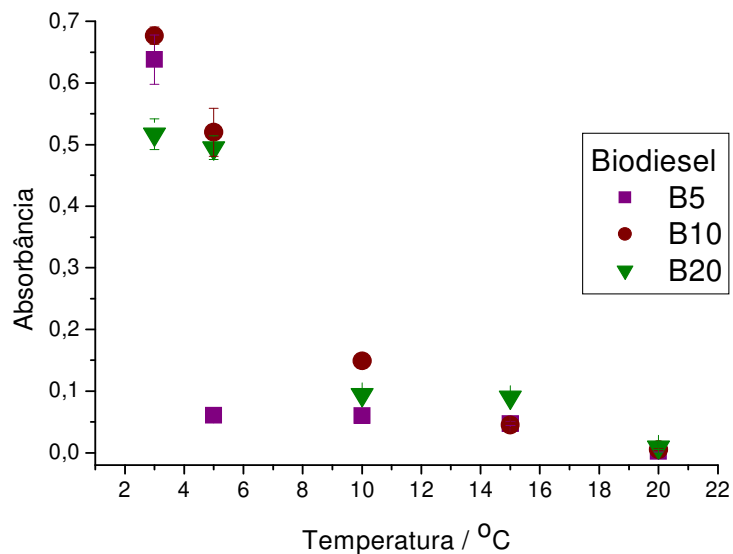


**Figura 97:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de limoneno no biodiesel.

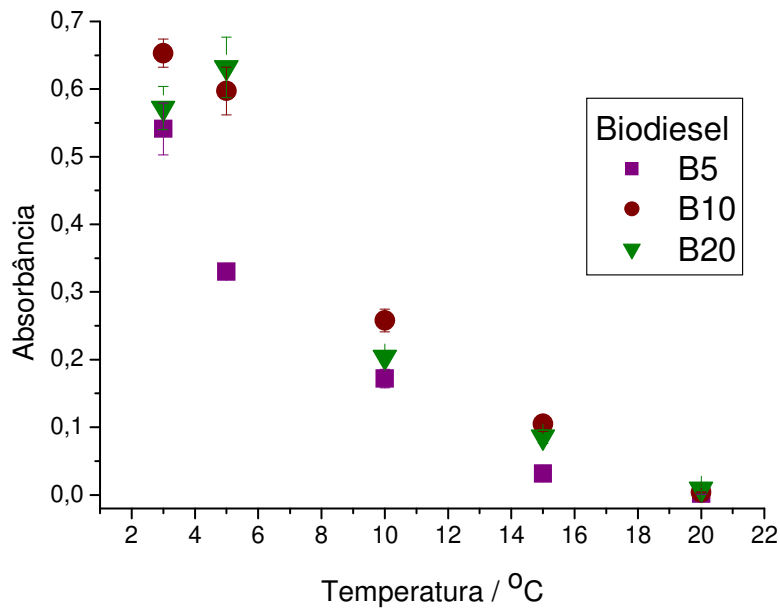




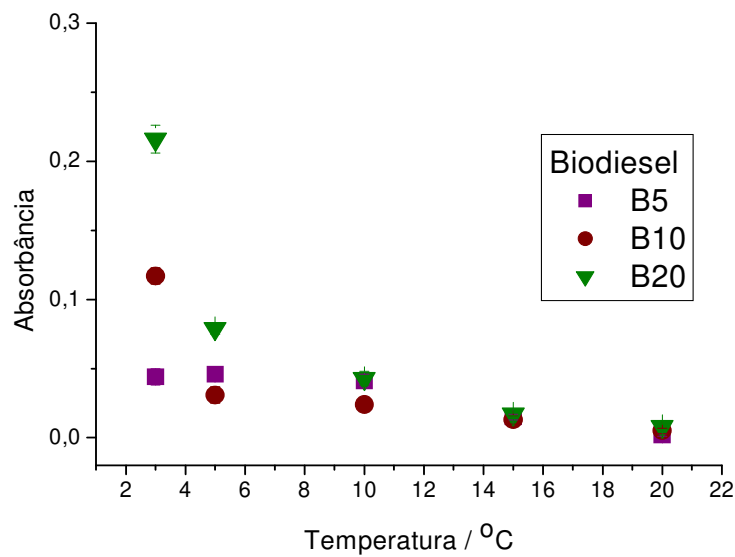
**Figura 98:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de limoneno no biodiesel.



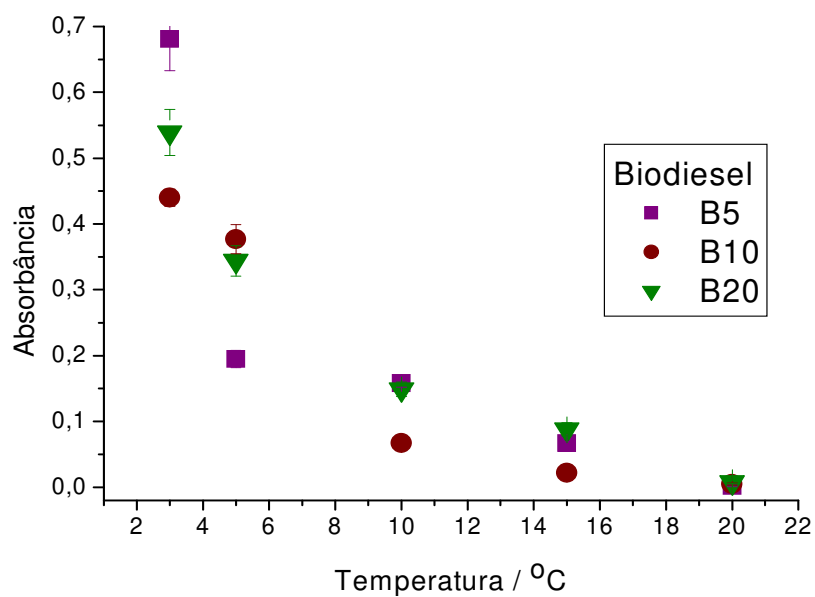
**Figura 99:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de cânfora no biodiesel.



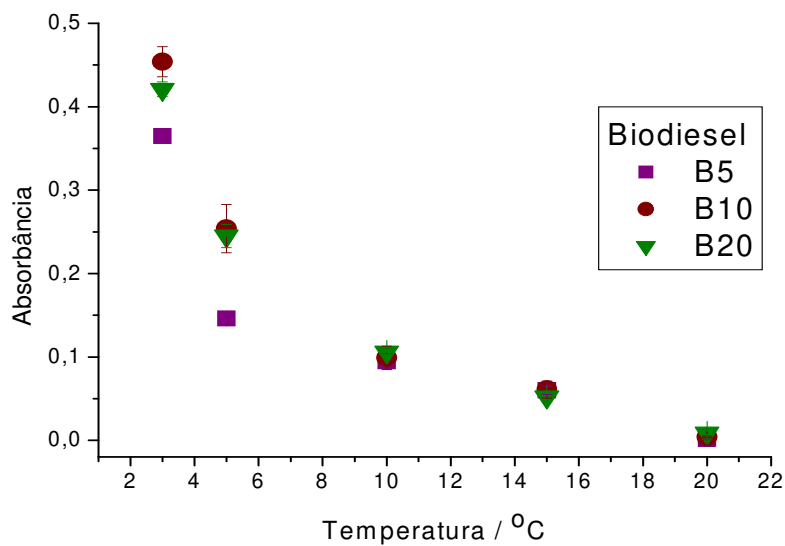
**Figura 100:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de cânfora no biodiesel.



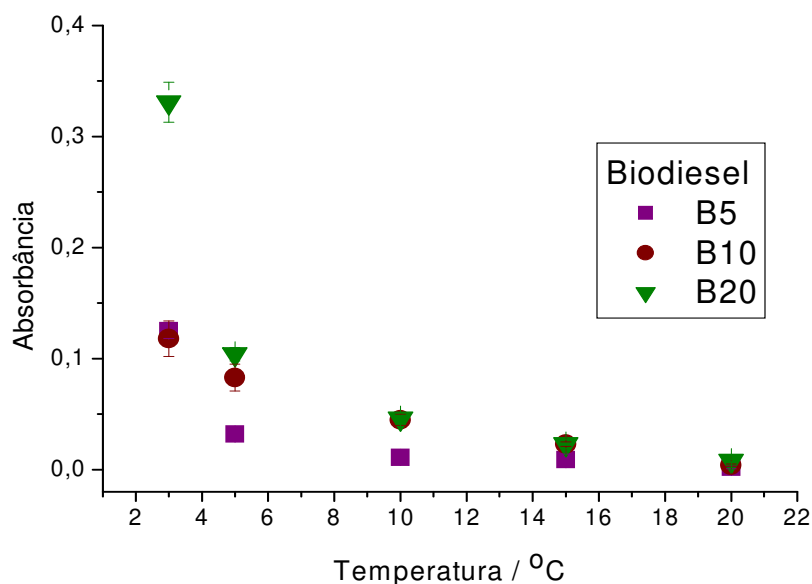
**Figura 101:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de X1200 no biodiesel.



**Figura 102:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de X1200 no biodiesel.



**Figura 103:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 4% de terebentina no biodiesel.



**Figura 104:** Correlação entre a temperatura e a absorbância (turbidância em 420 nm) da mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com 9% de terebentina no biodiesel.

Para os experimentos foi usado um espectrofotômetro UV-visível duplo feixe Shimadzu UV-2450 equipado com suporte de celas termostatizado por sistema Peltier.

O resfriamento das amostras foi feito no suporte das cubetas, mantendo o solução de referência (diesel ou mistura diesel-biodiesel sem aditivo) à temperatura ambiente. A temperatura foi variada numa faixa de 30°C, alcançando-se um mínimo de 3°C devido a limitações do equipamento.

Em função da umidade do ar, em temperaturas mais baixas, a partir de, aproximadamente 15°C, havia condensação de água sobre as paredes das cubetas e nas janelas do sistema óptico do aparelho. Foi então instalado um sistema que injetava ar seco no compartimento de cubetas do espectrofotômetro. Este consistiu numa bomba de ar e um tubo de plástico contendo uma coluna de sílica gel para a absorção da umidade.

Assim, com o uso desta técnica, foi possível determinar as temperaturas de turbidez no item 4.7. Temperatura de turbidez (4.7.2. Diesel e misturas diesel-biodiesel – B0, B5, B10 e B20).

## **4.7. TEMPERATURA DE TURBIDEZ**

### **4.7.1. BIODIESEL – B100**

Como explicitado no item anterior (4.6. Turbidez), os ensaios de turbidez foram realizados para se encontrar em qual temperatura ocorre o surgimento das partículas sólidas nas amostras. Esta determinação foi realizada a partir do monitoramento da absorvância (turbidância) da amostra em função da temperatura em 420 nm, num espectrofotômetro UV-visível de duplo feixe.

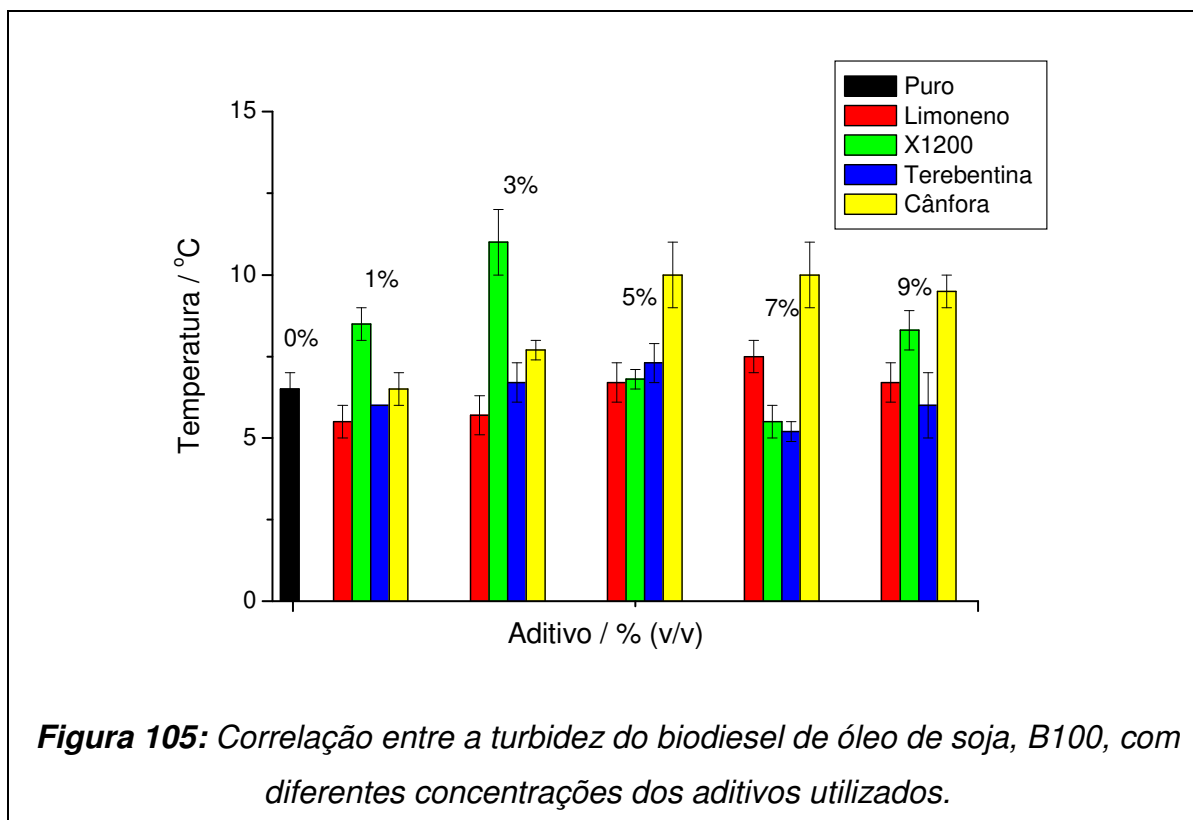
A redução da temperatura da amostra causa o aparecimento das primeiras partículas sólidas. A luz que atravessa a amostra é espalhada pelas partículas, o que faz com que diminua a quantidade de radiação que chega ao detector, ocasionando aumento na absorvância (turbidância). No momento em que esta variação ocorre mais abruptamente é considerado o ponto de turbidez, sendo determinado pela intersecção das retas traçadas através dos pontos experimentais antes e depois do referido ponto.

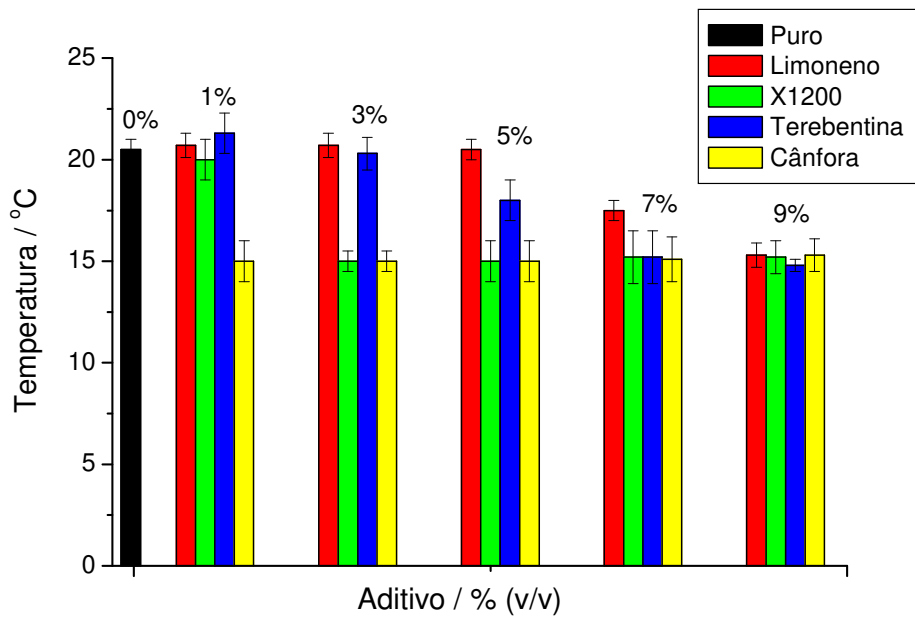
Os resultados da temperatura de turbidez para o biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína, para os biodieseis aditivados com os diferentes aditivos, em diferentes concentrações encontram-se no apêndice 6, nas tabelas de 107 a 111.

Como pode ser verificado nestas tabelas, a variação não foi tão intensa quanto a ocorrida no ponto de entupimento a frio. Entretanto ao utilizar a ferramenta estatística do teste t pareado, observou-se que, em alguns casos, as

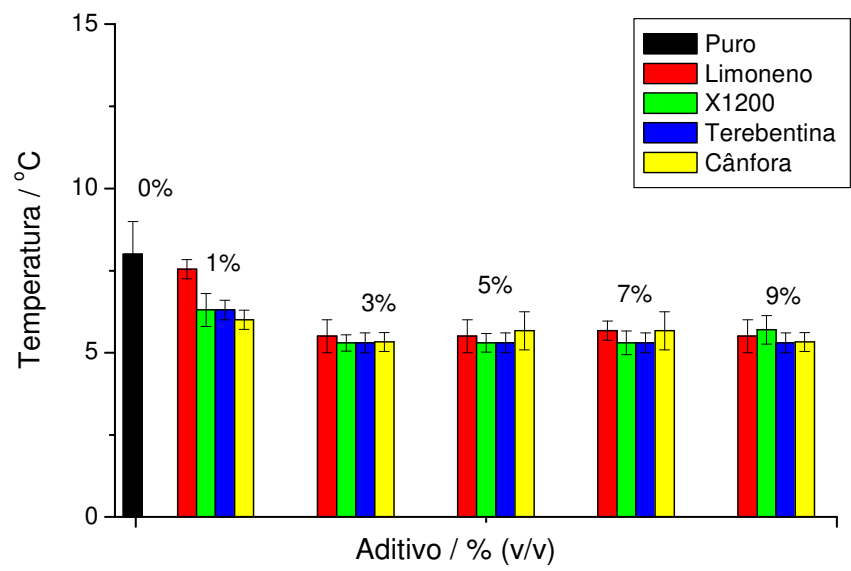
temperaturas de turbidez do biodiesel com e sem o uso de aditivo são significativamente diferentes (Apêndice 6).

As comparações da eficiência dos aditivos, por intermédio das temperaturas de turbidez dos biodieseis de diferentes origens, bem como nos biodiesel aditivados com os diferentes aditivos e em diferentes concentrações estão expostas em gráficos nas figuras de 105 a 109.

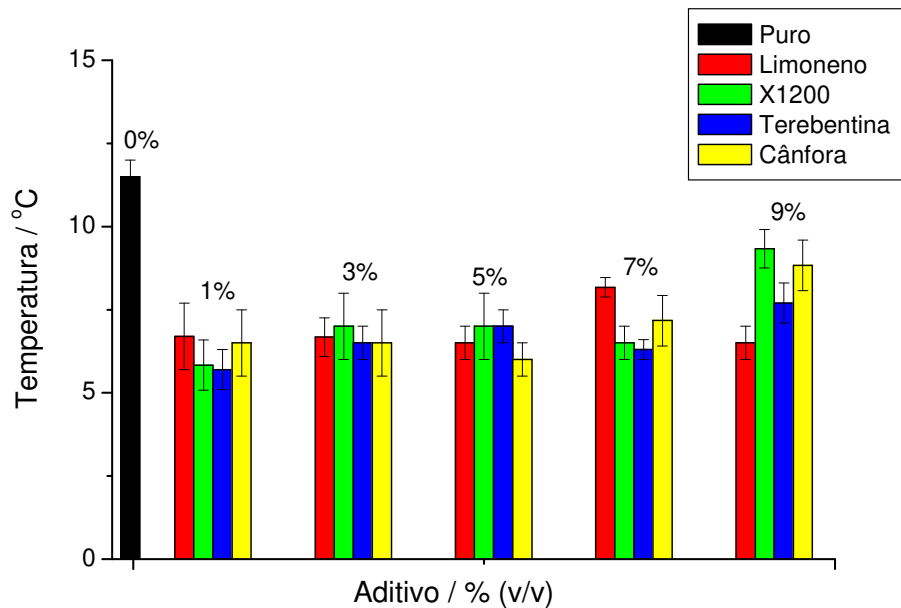




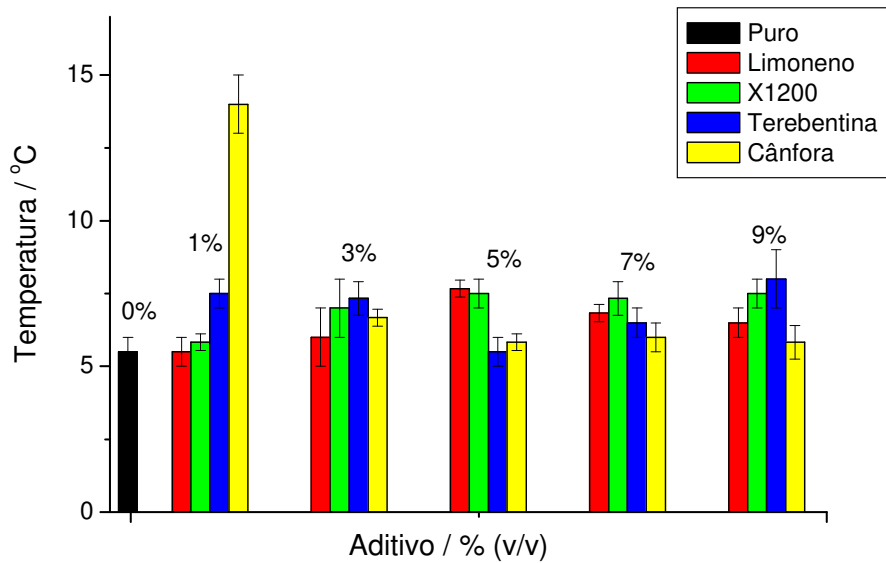
**Figura 106:** Correlação entre a turbidez do biodiesel de gordura suína, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.



**Figura 107:** Correlação entre a turbidez do biodiesel de girassol, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.



**Figura 108:** Correlação entre a turbidez do biodiesel de milho, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.



**Figura 109:** Correlação entre a turbidez do biodiesel de canola, B100, com diferentes concentrações dos aditivos utilizados.



Para o biodiesel de óleo de soja, B100, a utilização dos aditivos não alterou a temperatura de aparecimento das primeiras partículas sólidas. É importante ressaltar que para 5%, em volume, de cânfora, X1200 e terebentina, o aparecimento das partículas e consequente turbidez ocorreu em temperaturas mais elevadas que para o biodiesel puro. Quando foi aplicado o teste t pareado aos valores de temperatura de turbidez, observaram-se aumentos significativos para os aditivos citados e redução significativa com o uso do limoneno a 3% em volume.

Quando se testou o biodiesel de óleo de canola a utilização dos aditivos não alterou a temperatura de aparecimento das primeiras partículas sólidas. É importante ressaltar que para 1%, em volume, de cânfora, 5%, em volume, de limoneno e 7%, em volume, do X1200, o aparecimento das partículas e consequente turbidez ocorreram em temperaturas significativamente maiores que a do biodiesel puro.

O biodiesel de óleo de girassol com a utilização de aditivos apontou uma redução média da temperatura de turbidez na faixa de 1°C a 2°C. Quando comparado ao biodiesel de óleo de girassol puro, todos os aditivos tiveram diminuição significativa na temperatura de turbidez. Esse decréscimo ocorreu pela adição de 3%, em volume, de cânfora ou terebentina, 5%, em volume, de X1200 e 7%, em volume, de limoneno.

O uso de aditivos no biodiesel de óleo de milho apresentou redução média da temperatura de turbidez de aproximadamente 5°C. Todos os aditivos reduziram significativamente a temperatura de turbidez quando utilizados a 1% em volume. O limoneno, a terebentina e o X1200 obtiveram duas faixas de redução quando se aumentou a concentração destes aditivos.

Utilizar aditivos no biodiesel de gordura suína e de milho causou diminuição média de 5°C, na temperatura de turbidez. A cânfora mostrou esta redução significativa em qualquer concentração utilizada. Neste biodiesel o aditivo X1200, a partir de 3% em volume, conseguiu diminuir significativamente a temperatura de turbidez. O mesmo ocorreu com a terebentina, a 5% em volume. O limoneno em

concentrações superiores a 7%, em volume, também reduziu significativamente a temperatura de turbidez.

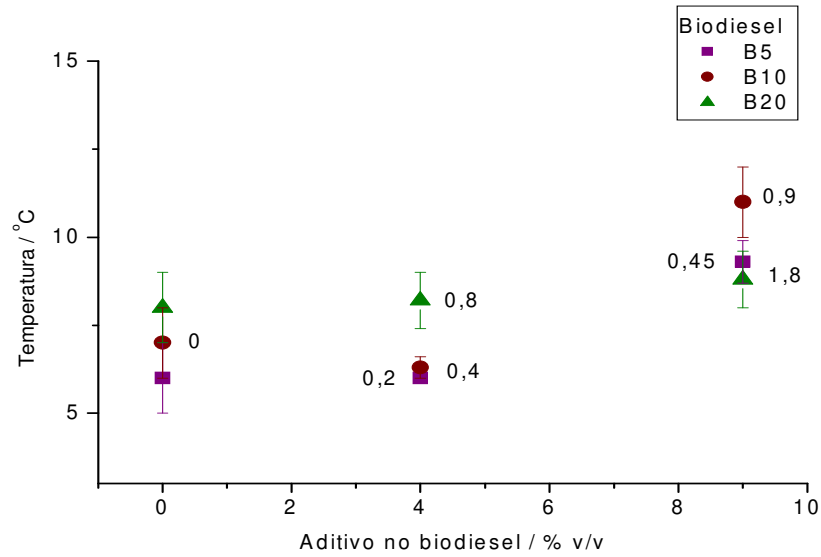
#### **4.7.2. DIESEL E MISTURAS DIESEL-BIODIESEL – B0, B5, B10 e B20.**

Os ensaios de turbidez foram realizados para se encontrar em qual temperatura ocorre o surgimento das partículas sólidas nas amostras. Esta determinação foi realizada a partir de medidas espectrofotométricas. Com a redução da temperatura da amostra aparecem as primeiras partículas sólidas e a luz que atravessa a amostra é por elas espalhada, causando aumento nos valores da absorvância (turbidância), o que permite determinar a temperatura de turbidez.

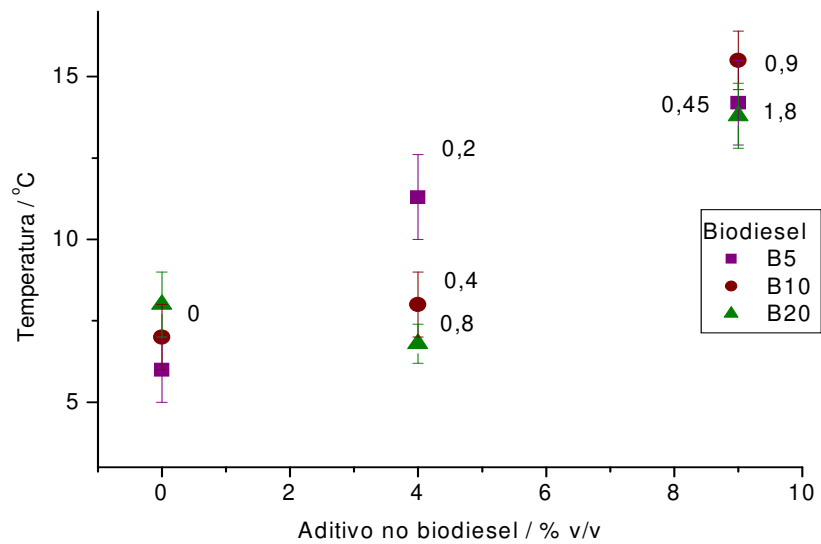
Os resultados da temperatura de turbidez para o diesel, bem como para as misturas do diesel-biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína e das misturas de diesel-biodiesel aditivados com os diferentes aditivos, em diferentes concentrações, encontram-se no apêndice 7, nas tabelas de 112 a 132.

As comparações da eficiência dos aditivos, por intermédio das temperaturas de turbidez das misturas diesel-biodiesel de diferentes origens, bem como nas misturas diesel-biodiesel aditivados com os diferentes aditivos e em diferentes concentrações (B5, B10 e B20) estão expostos em gráficos nas figuras de 110 a 129.

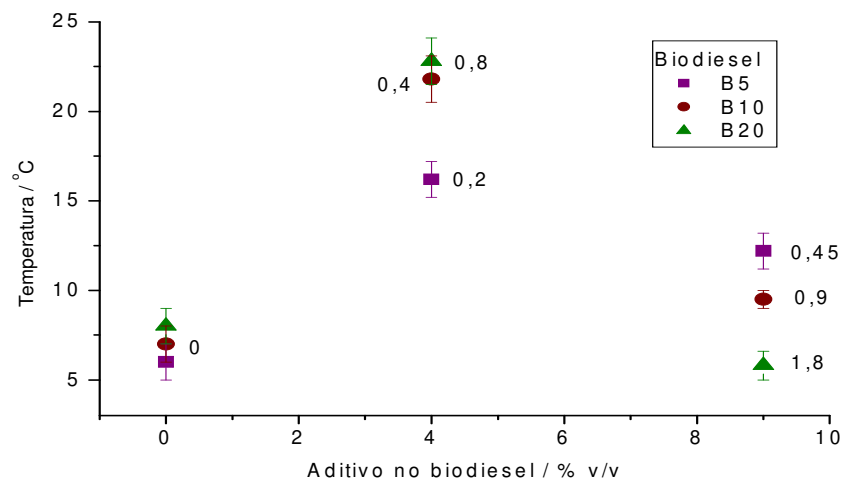
O comportamento no caso das misturas indicou aumento na temperatura de turbidez com o acréscimo da concentração de aditivo.



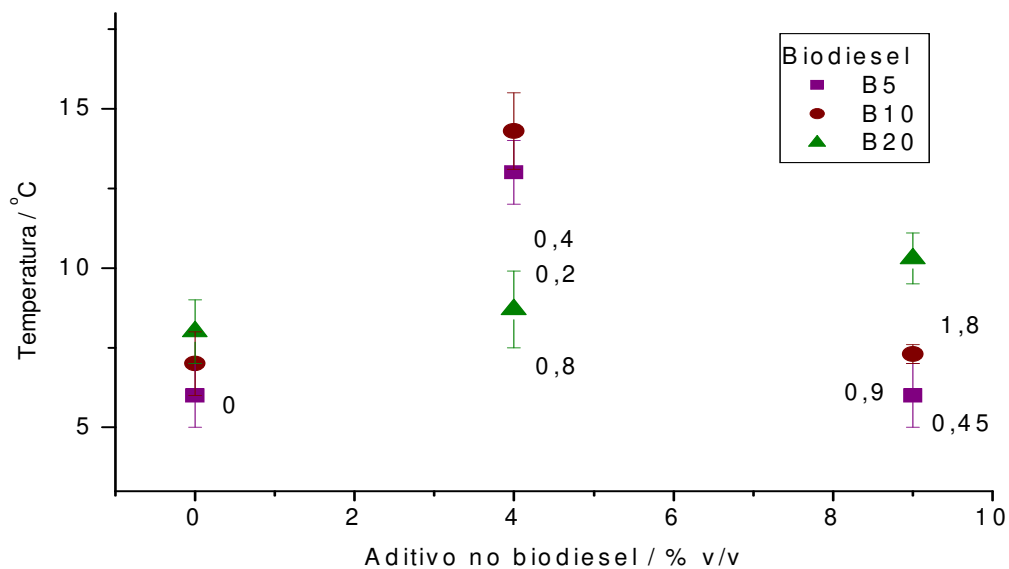
**Figura 110:** Correlação entre a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).



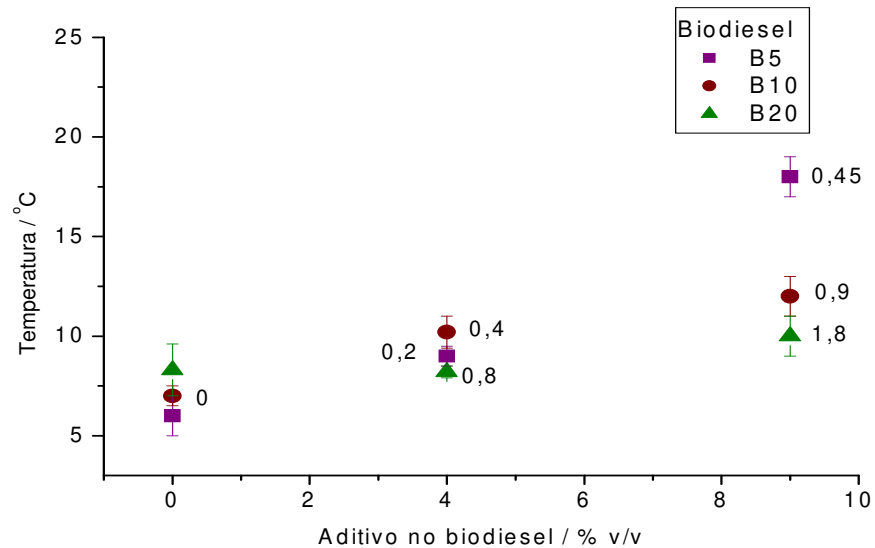
**Figura 111:** Correlação entre a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).



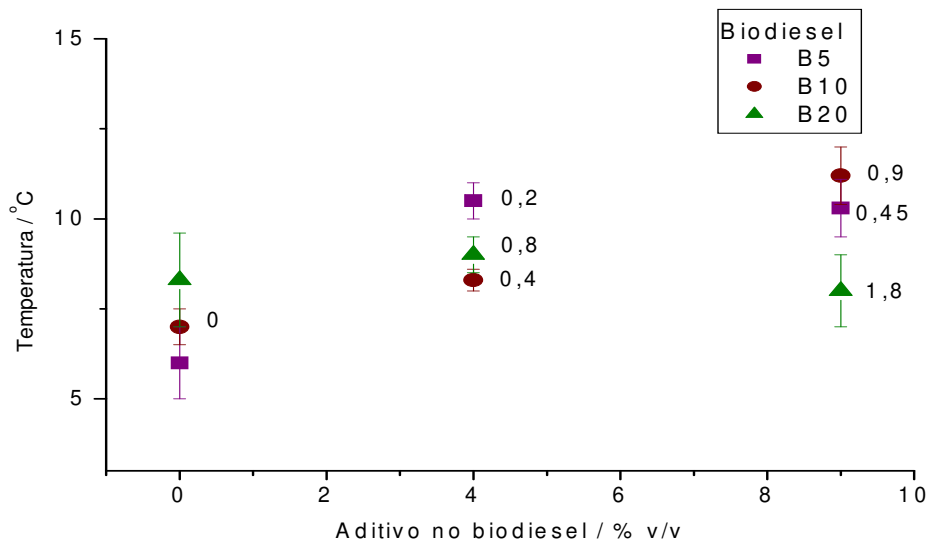
**Figura 112:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).



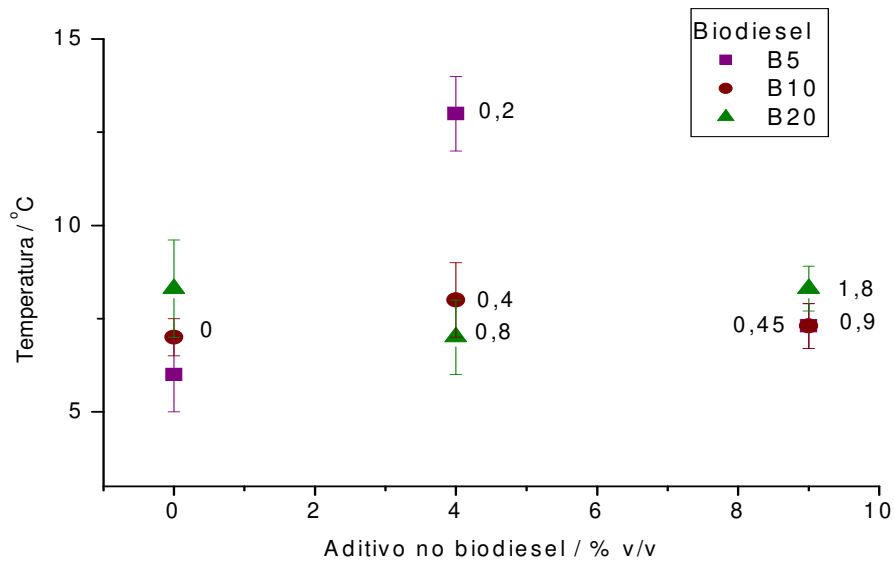
**Figura 113:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).



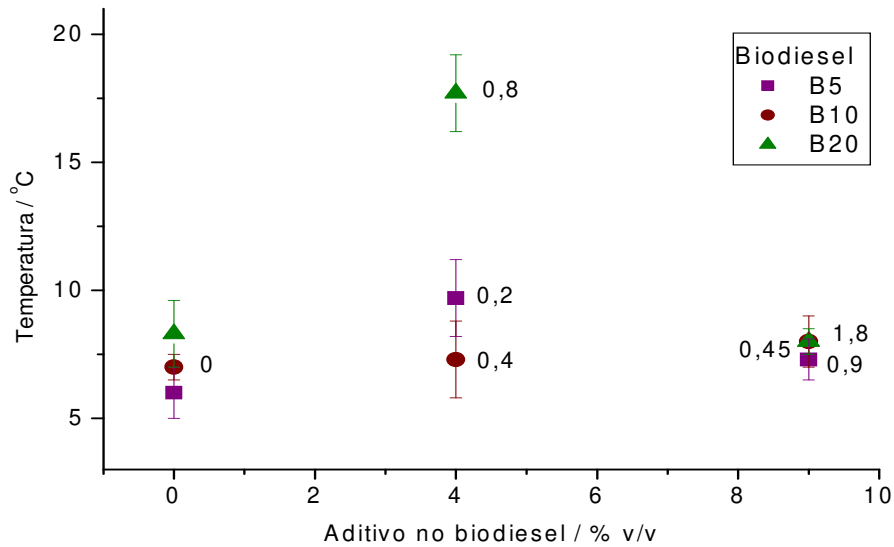
**Figura 114:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).



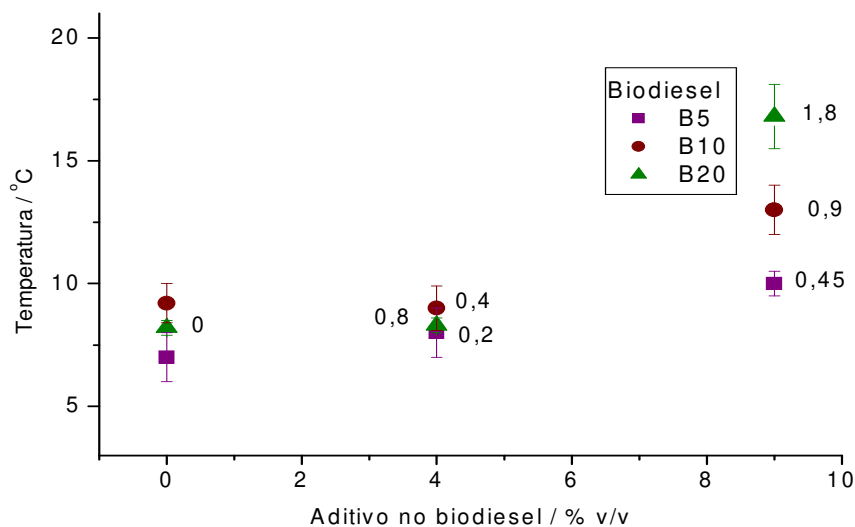
**Figura 115:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).



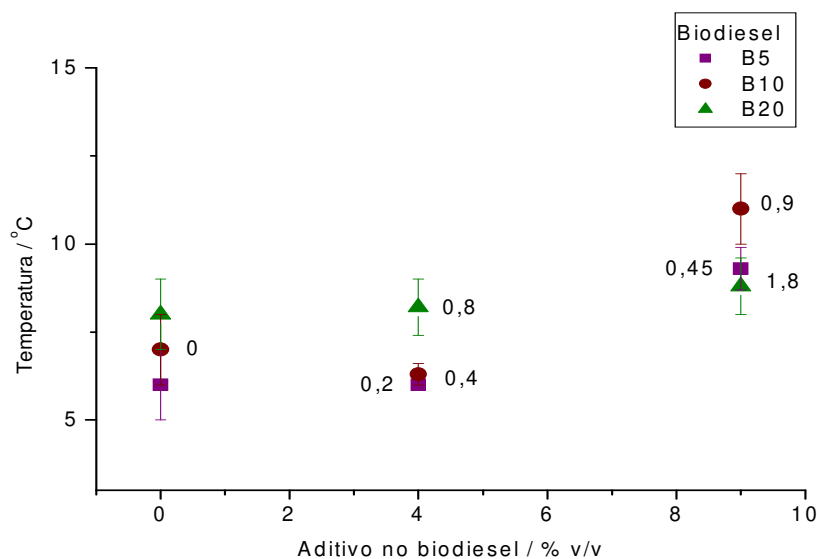
**Figura 116:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).



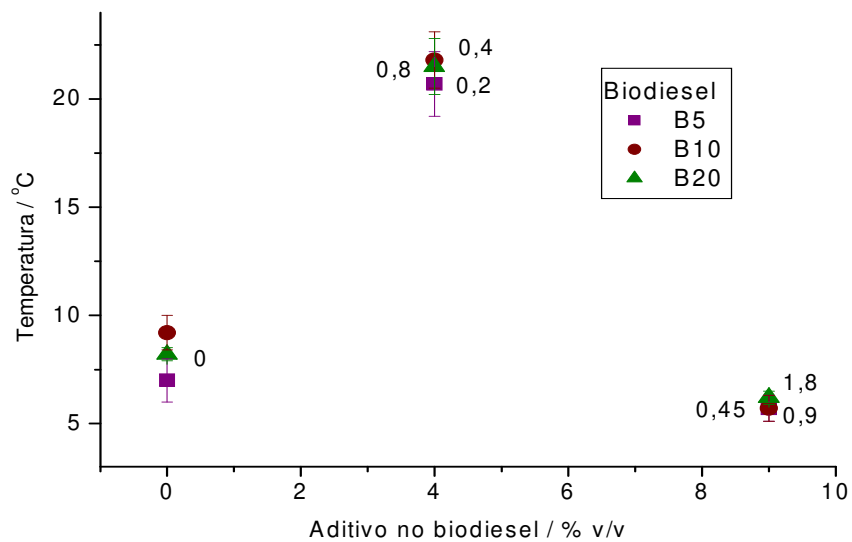
**Figura 117:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel no mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).



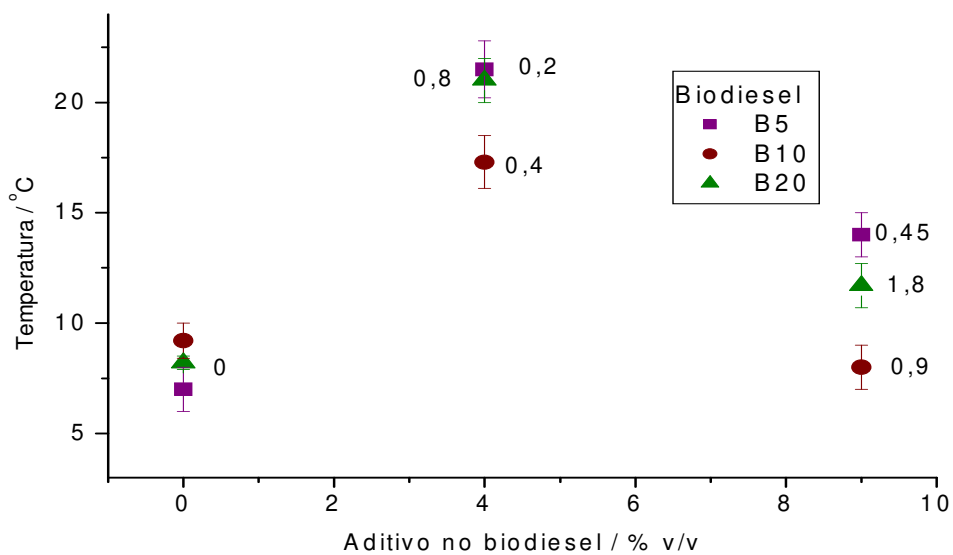
**Figura 118:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).



**Figura 119:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).

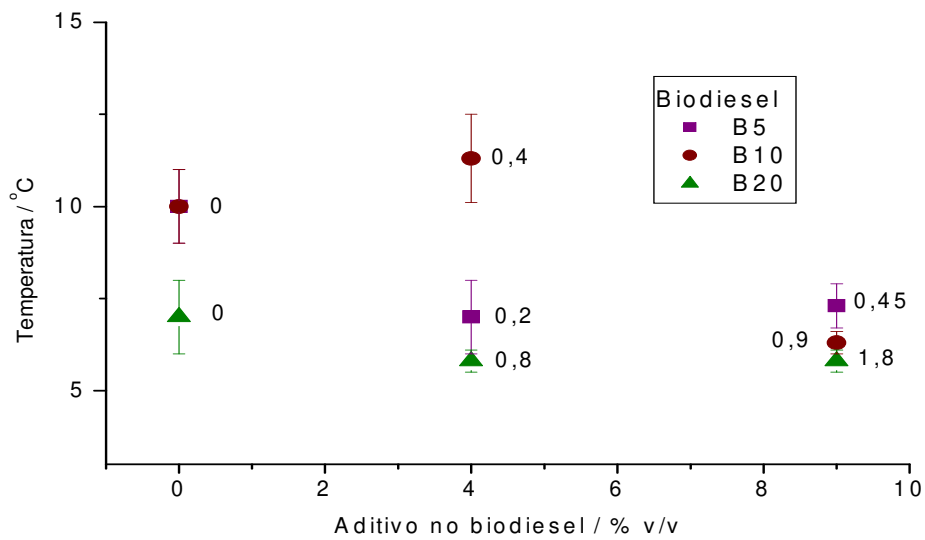


**Figura 120:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).

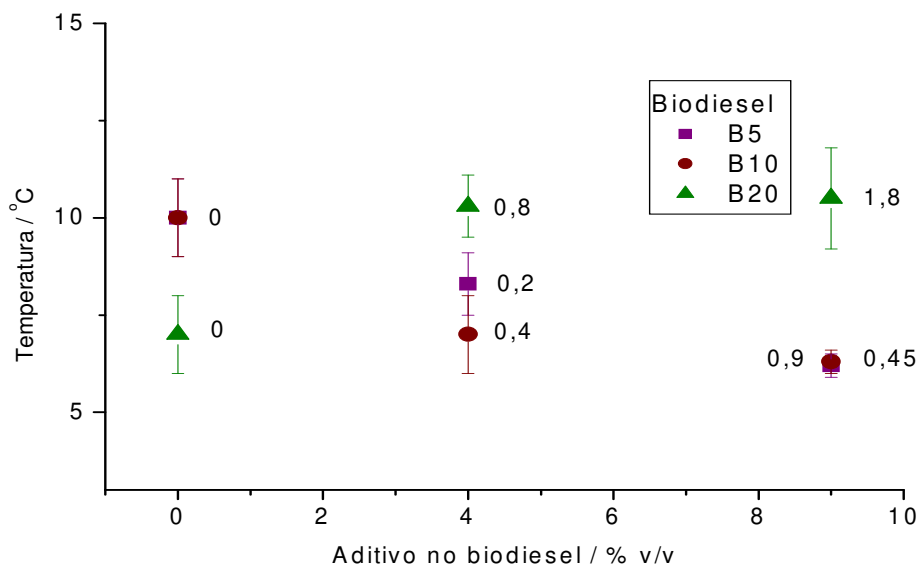


**Figura 121:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).

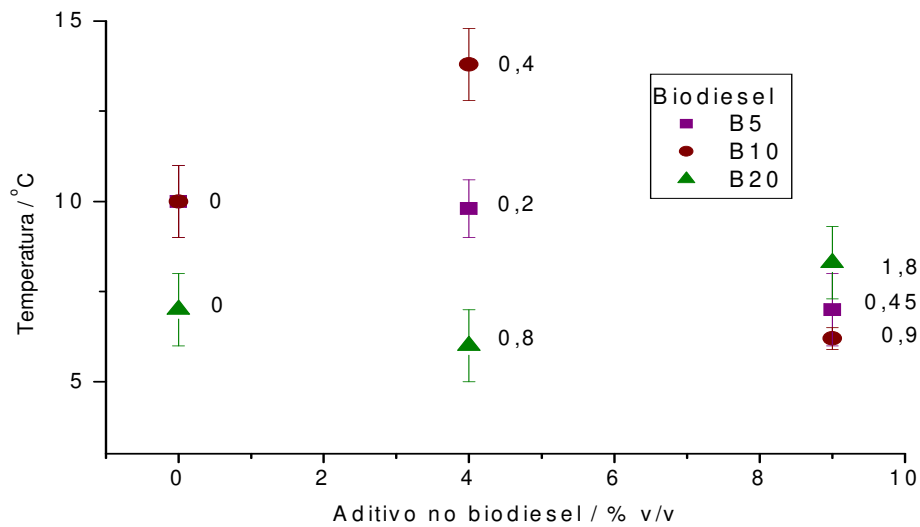




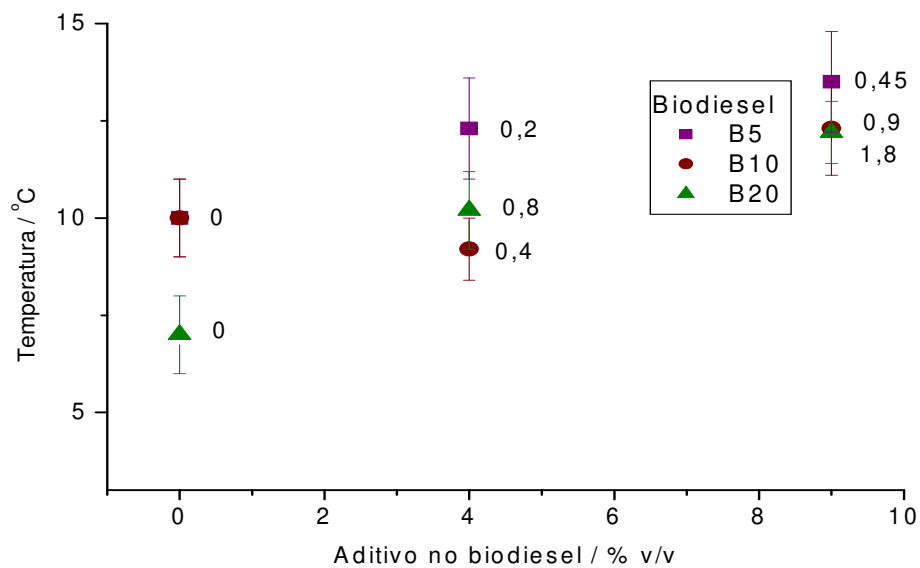
**Figura 122:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).



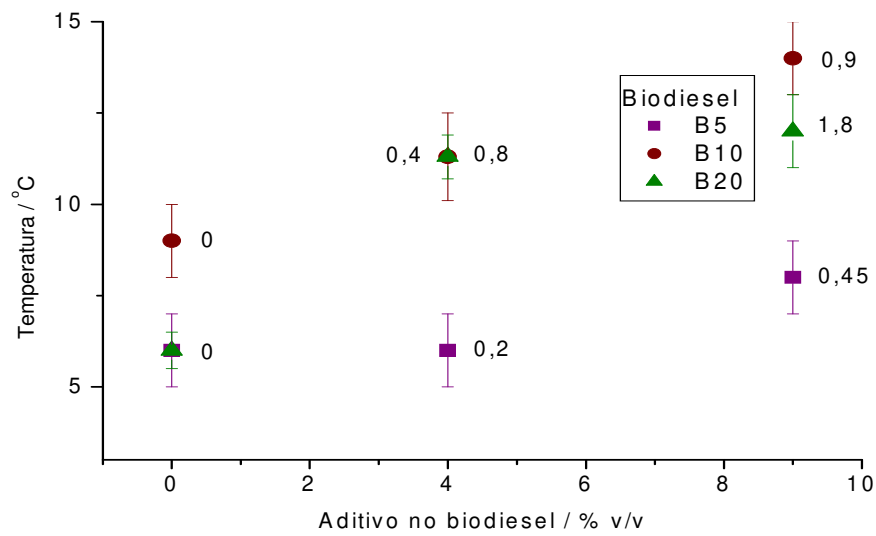
**Figura 123:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).



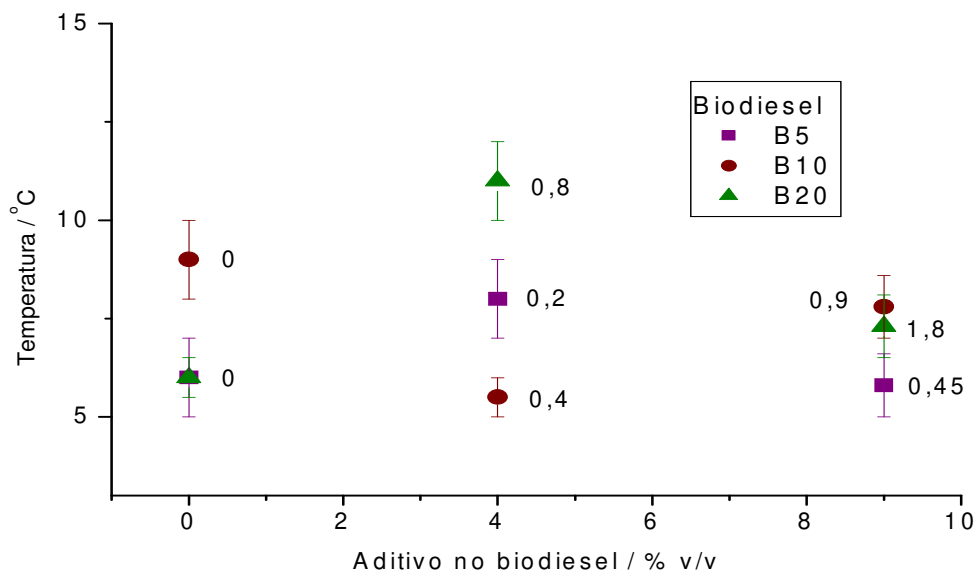
**Figura 124:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).



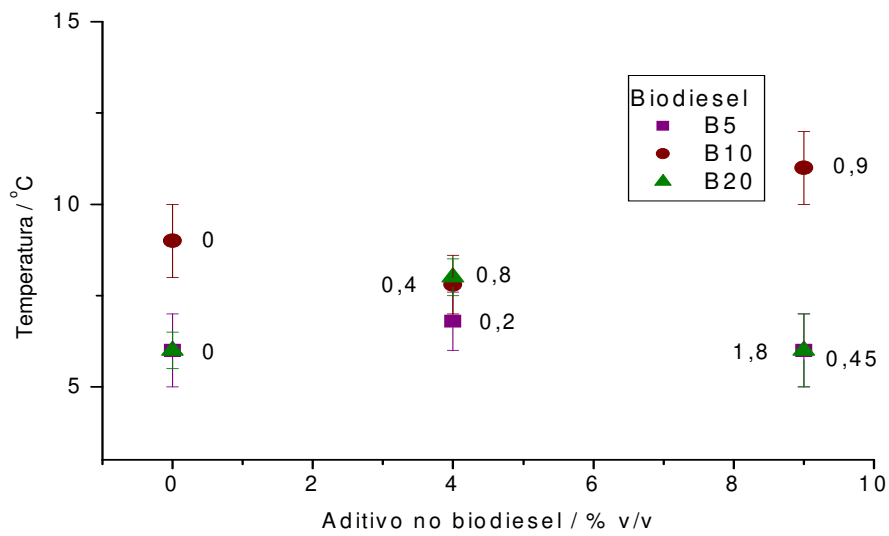
**Figura 125:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).



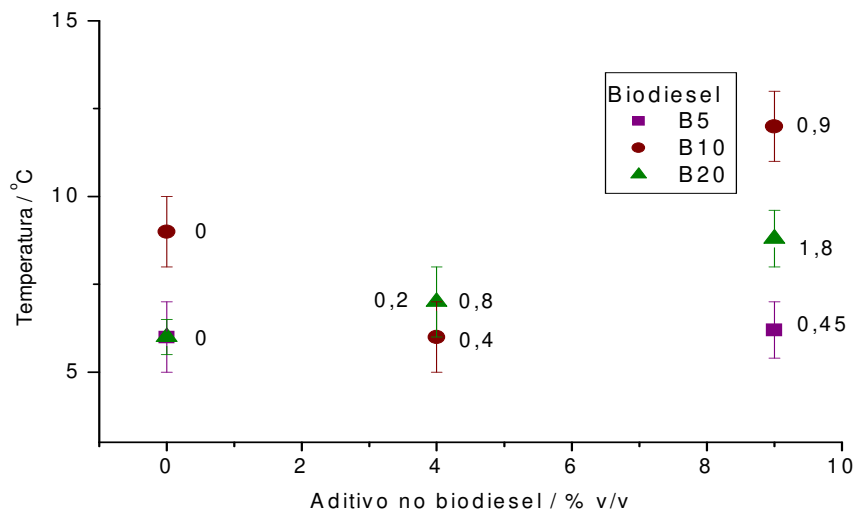
**Figura 126:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com cânfora (concentrações do aditivo indicadas na figura).



**Figura 127:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com limoneno (concentrações do aditivo indicadas na figura).



**Figura 128:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de Biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com terebentina (concentrações do aditivo indicadas na figura).



**Figura 129:** Correlação entre o a temperatura de turbidez e a % de biodiesel na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – aditivada com X1200 (concentrações do aditivo indicadas na figura).

Analisando-se os resultados obtidos verifica-se, de forma geral, que conforme se aumenta o percentual de biodiesel nas suas misturas com diesel existe a tendência de aumento da temperatura de turbidez.

Ao utilizar-se a ferramenta estatística teste t pareado (Apêndice 7) nas misturas diesel-biodiesel de óleo de canola, observou-se que existe aumento significativo na temperatura de turbidez com o uso de terebentina e X1200 na mistura B5, o mesmo ocorrendo nas misturas B20 com o uso de limoneno e cânfora.

Nas misturas diesel-biodiesel de óleo de girassol todos os aditivos testados apresentaram aumento significativo na temperatura de turbidez quando usados na mistura diesel-biodiesel B10. Resultado semelhante ocorreu, quando os aditivos foram testados, nas misturas diesel-biodiesel de óleo de soja e nas misturas diesel-biodiesel de óleo de milho.

Nas misturas diesel-biodiesel de gordura suína os aumentos foram menos pronunciados. Entretanto foram significativos nas misturas B5 com todos os aditivos testados. Aumentos também ocorreram com o uso de cânfora e limoneno nas misturas diesel-biodiesel de gordura suína B10 e com o uso de X1200 na mistura diesel-biodiesel de gordura suína B20.

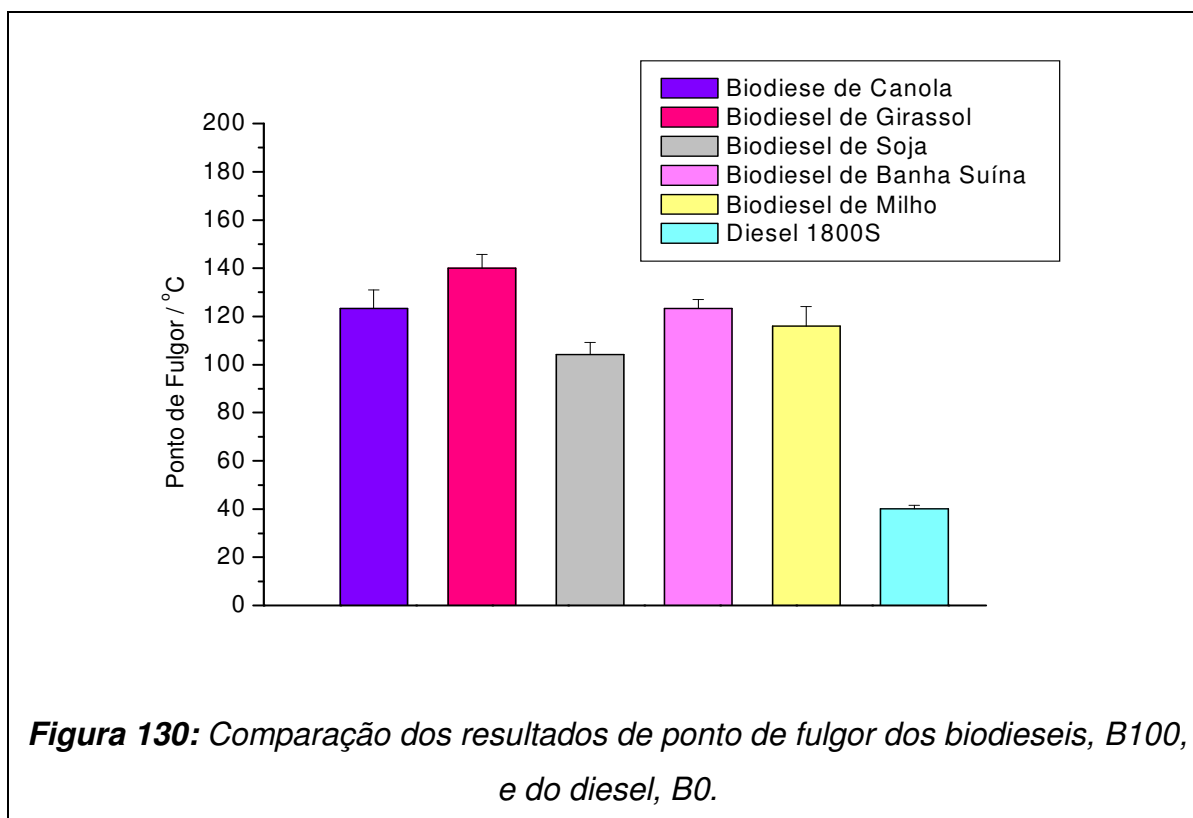
## **4.8. PONTO DE FULGOR**

### **4.8.1. PONTO DE FULGOR DO DIESEL E DOS BODIESEIS**

Os ensaios de ponto de fulgor foram realizados conforme a metodologia da ASTM D93 (ASTM D93, 2006), descrita no item parte experimental. Os experimentos foram realizados com o biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína. Os resultados

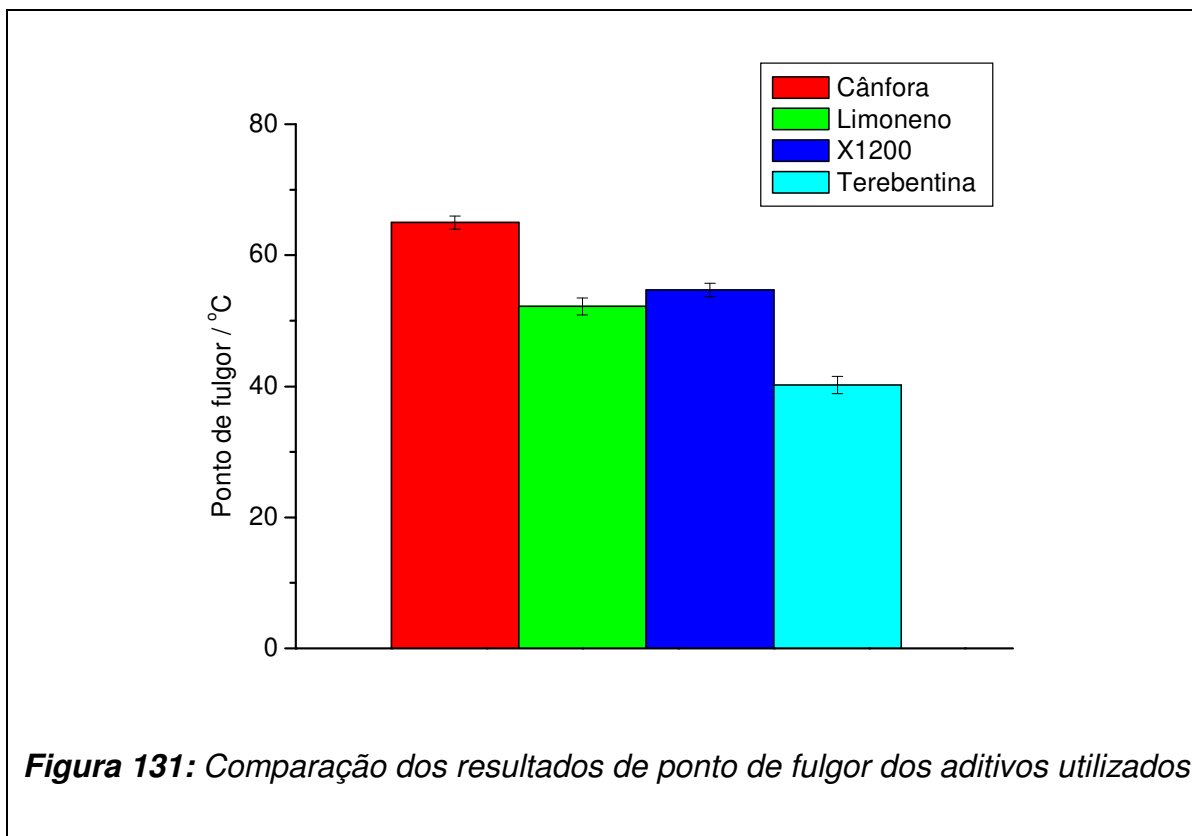
obtidos para as temperaturas de fulgor dos biodieseis de diferentes origens, bem como do diesel puro, encontram-se no Apêndice 8, na tabela 133.

Os pontos de fulgor dos diferentes tipos de biodiesel apresentaram diferentes valores, conforme a origem do óleo ou gordura utilizada na produção do biodiesel. O diesel utilizado apresentou resultado similar aos já conhecidos para este produto (Boog et al., 2011). Os resultados encontrados para os diferentes biodieseis testados se enquadram no limite da norma ANP 07/2008. Na figura 130 podem ser vistos, de modo comparativo, os pontos de fulgor do diesel e dos diferentes biodieseis estudados.



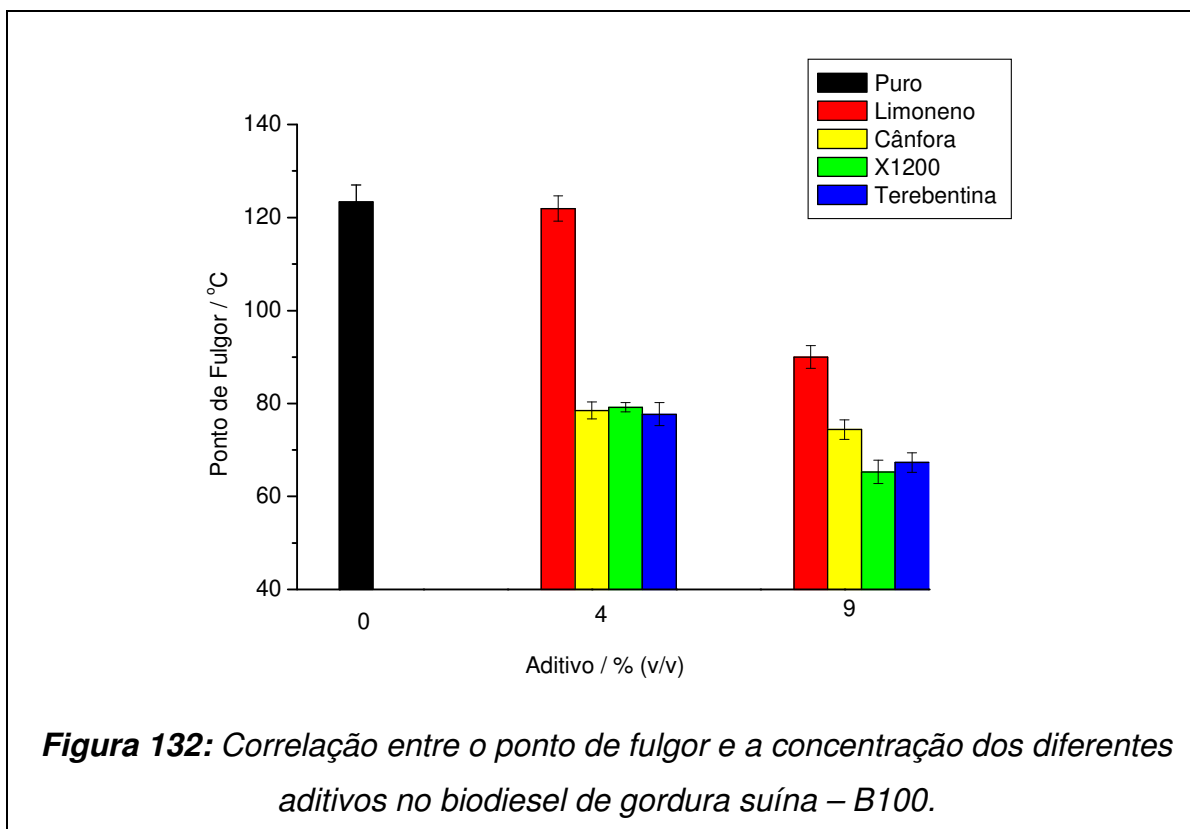
#### 4.8.2. PONTO DE FULGOR DOS ADITIVOS TESTADOS

Os ensaios de ponto de fulgor também foram realizados para os aditivos puros. Os resultados encontram-se no Apêndice 8, na tabela de 134. Além disso, foi criado um gráfico (Figura 131) para comparação do ponto de fulgor dos aditivos. Pode-se notar que o ponto de fulgor dos aditivos é maior que o do diesel, e menor que os obtidos para os biodieseis, exceto para a terebentina que apresentou ponto de fulgor similar ao do diesel de petróleo utilizado nos testes.

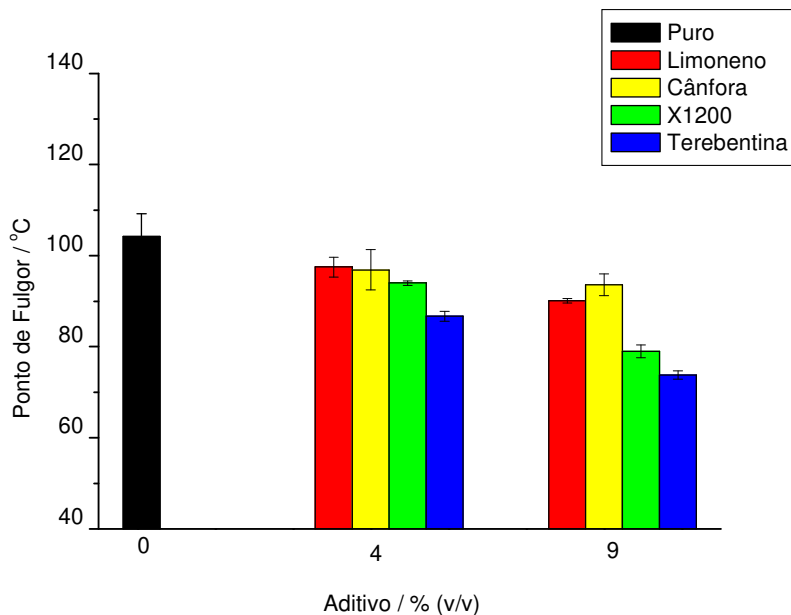


### 4.8.3. PONTO DE FULGOR DOS BODIESEIS ADITIVADOS

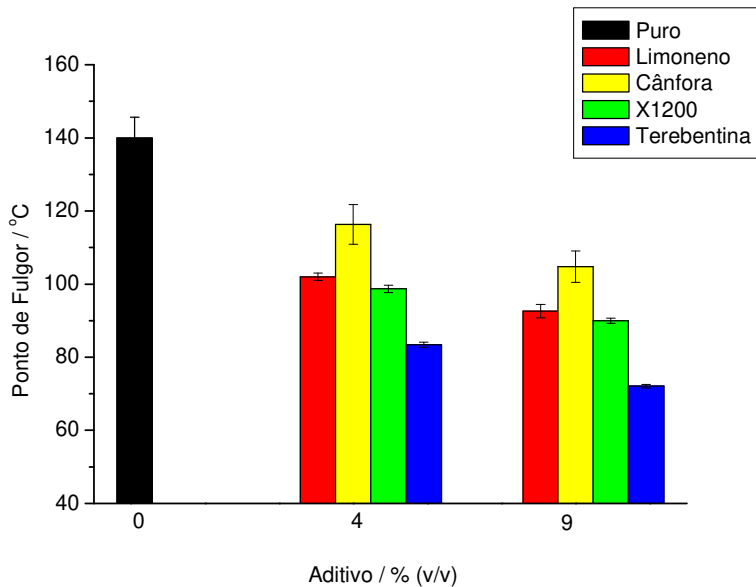
Com a intenção de compreender a ação dos aditivos no ponto de fulgor dos biodieseis de diferentes origens, testes foram realizados no biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína com diferentes aditivos e em diferentes concentrações. Os resultados do ponto de fulgor dos biodieseis de diferentes origens, aditivados com limoneno, terebentina, X1200 e cânfora, encontram-se no Apêndice 8, na tabela 135. Conforme pode ser verificado, a adição de qualquer um dos tipos de aditivo reduziu o ponto de fulgor. Além disso, os valores desta propriedade diminuem conforme se aumenta a concentração do aditivo. Os resultados da correlação entre as concentrações de aditivos, os diferentes tipos de aditivos e o ponto de fulgor estão nas figuras de 132 a 136.



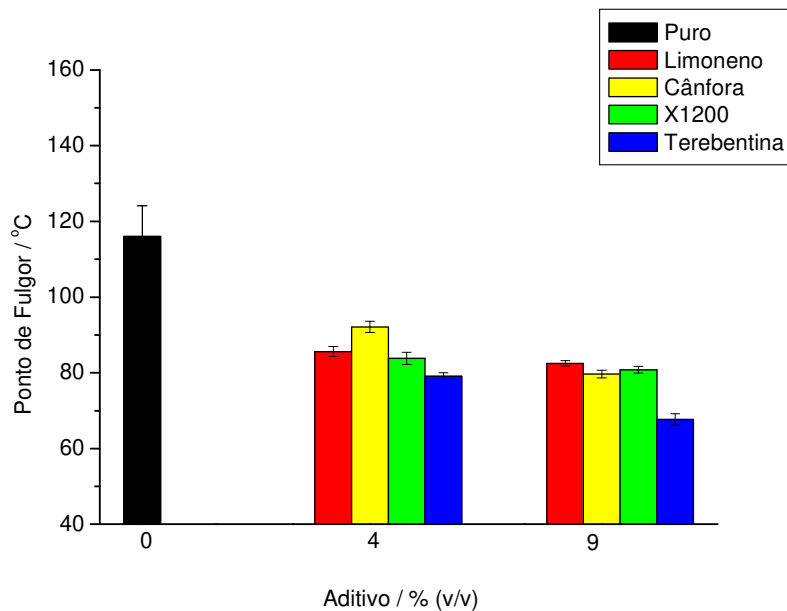




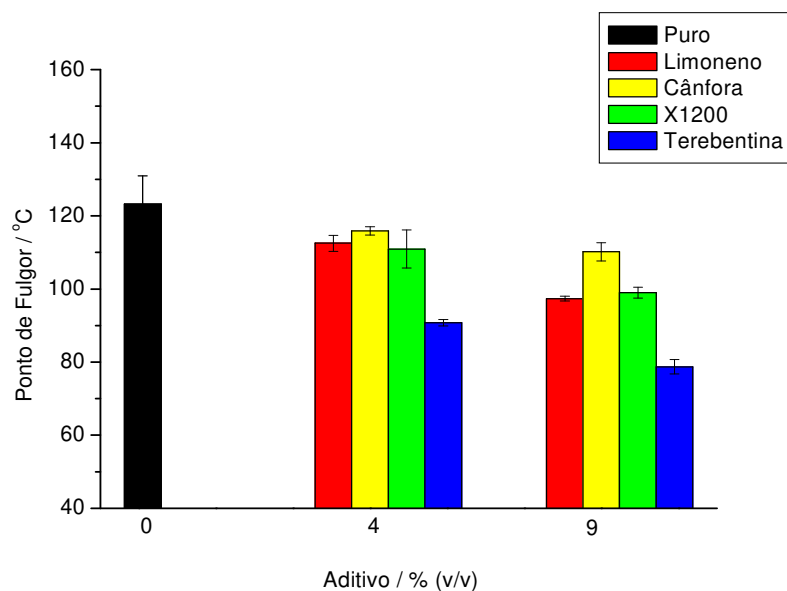
**Figura 133:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de soja – B100.



**Figura 134:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de girassol – B100.



**Figura 135:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de milho – B100.



**Figura 136:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração dos diferentes aditivos no biodiesel de óleo de canola – B100.

Para o biodiesel de óleo de soja, B100, a utilização do aditivo resultou em uma redução do ponto de fulgor de 104°C para aproximadamente 90°C, quando se usou o limoneno ou cânfora como aditivo a 9%. Aplicando-se o teste t pareado (Apêndice 8) para os resultados obtidos, observa-se que o uso de quaisquer uma das quantidades de cânfora testadas, ou de 4%, em volume de limoneno não influenciou o ponto de fulgor para o biodiesel de óleo de soja.

Quando se utilizou a terebentina como aditivo, ocorreu a redução desta propriedade para próximo de 70°C. O mesmo ocorreu com o X1200 dosado a 9%, em volume.

Ao se analisar o efeito dos aditivos no biodiesel de óleo de milho, nota-se que o comportamento, em termos de redução do ponto de fulgor, foi similar. Obteve-se temperaturas entre 70°C e 80°C, para esta propriedade ao utilizar-se 9%, em volume, de aditivo. Todos os aditivos testados promoveram redução do ponto de fulgor.

No caso do biodiesel de óleo de canola, exceto a cânfora que não reduziu significativamente o ponto de fulgor deste biodiesel, todos os aditivos promoveram redução nos valores desta propriedade.

Todos os aditivos testados reduziram o ponto de fulgor no biodiesel de óleo de girassol. Considerando a concentração de 9%, em volume, o ponto de fulgor diminuíram para aproximadamente 105°C com cânfora, 90°C com limoneno ou X1200 e 70°C com terebentina.

Todos os aditivos reduziram significativamente o ponto de fulgor no biodiesel de gordura suína. A redução obtida foi menor com o uso do limoneno a 9% em volume, quando o ponto de fulgor chegou a 90°C. Com o uso de 9%, em volume, de cânfora o ponto de fulgor chegou próximo dos 75°C. Os valores obtidos para esta propriedade no biodiesel de gordura suína com 9%, em volume, de terebentina ou X1200 foi aproximadamente 65°C.

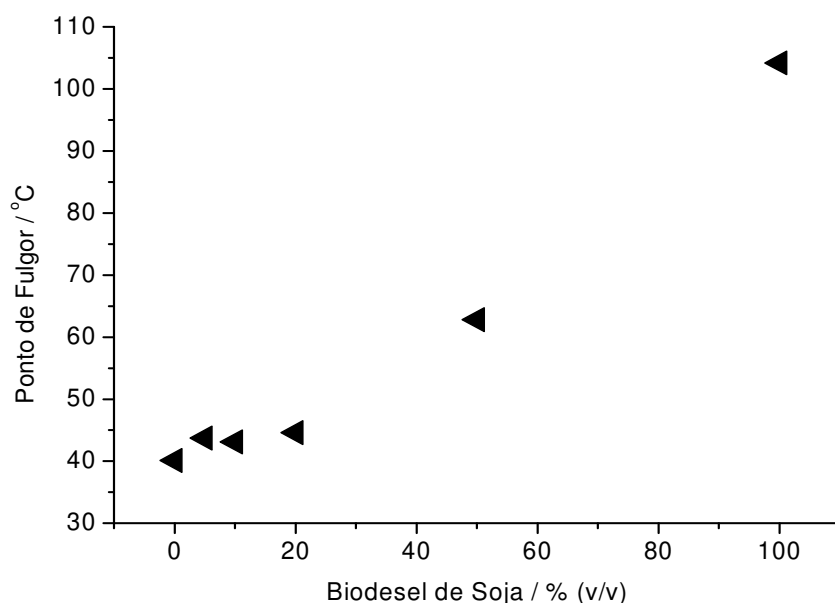
Através dos resultados apresentados pode-se prever que o uso dos aditivos terpênicos no biodiesel, testados neste trabalho, diminuirão o ponto de fulgor deste biocombustível, fato já esperado, pois o ponto de fulgor dos aditivos testados é inferior (Figura 131) aos valores obtidos para esta propriedade no

biodiesel (Figura 130). Uma discussão sobre valores de ponto de fulgor será apresentada no próximo item.

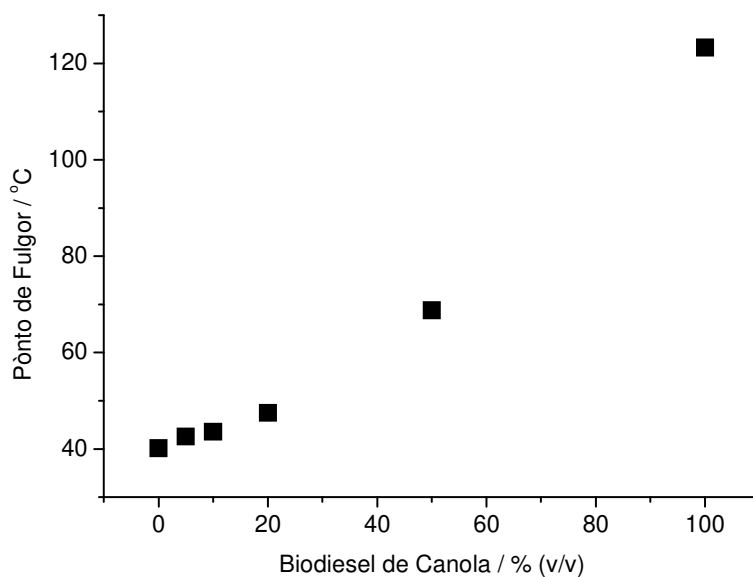
#### 4.8.4. PONTO DE FULGOR DAS MISTURAS DE DIESEL COM BIODIESEL NÃO ADITIVADO

Os ensaios de ponto de fulgor foram realizados para misturas com o diesel-biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína, levando em consideração as misturas B5, B10, B20 e B50. Os resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel, B5, B10, B20 e B50, de diferentes origens encontram-se no Apêndice 8, nas tabelas de 136 a 145.

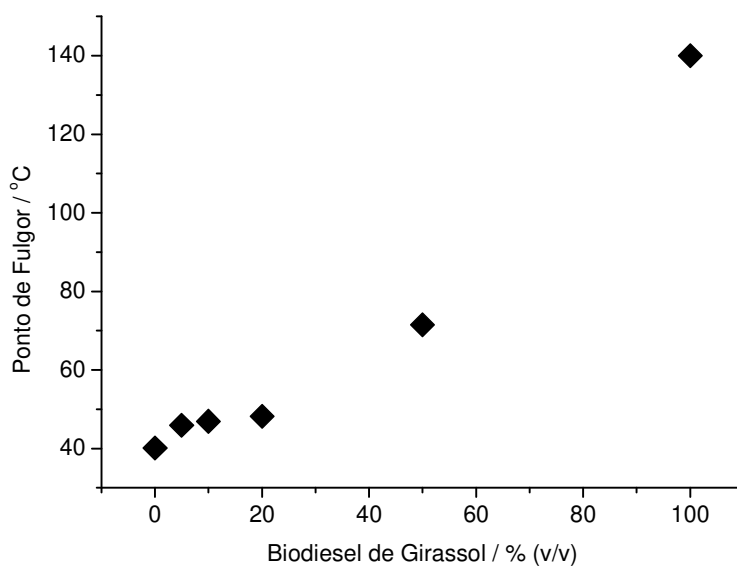
Foram realizadas correlações entre o ponto de fulgor e a porcentagem de biodiesel na mistura, considerando os dados mostrados nas tabelas (136 a 145), e acrescentando-se os dados obtidos para o B0 e B100, sem aditivos (tabela 133). As correlações encontram-se nas figuras 137 a 141:



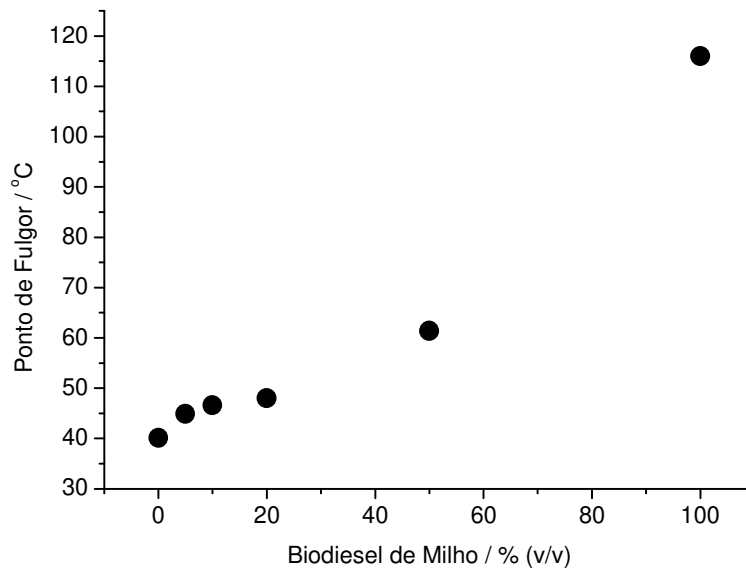
**Figura 137:** Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de soja na mistura diesel-biodiesel.



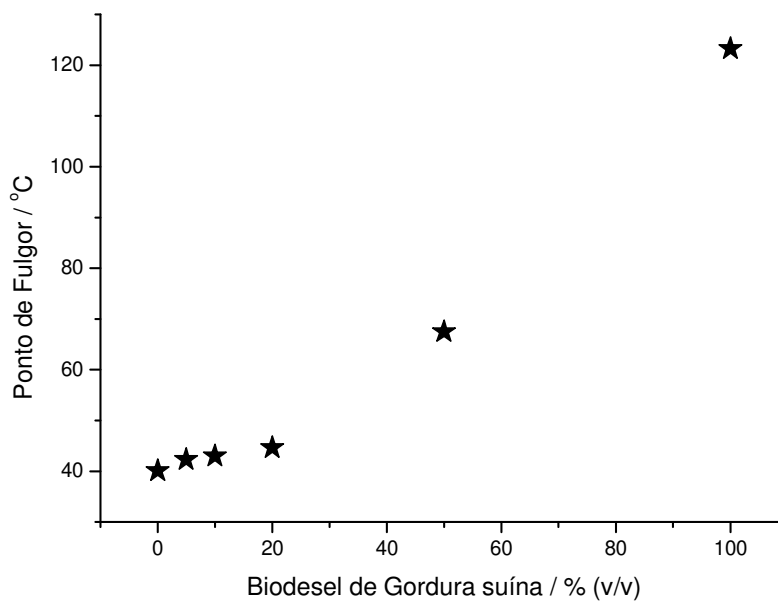
**Figura 138:** Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de canola na mistura diesel-biodiesel.



**Figura 139:** Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de girassol na mistura diesel-biodiesel.



**Figura 140:** Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de óleo de milho na mistura diesel-biodiesel.



**Figura 141:** Correlação entre o ponto de fulgor e a % de biodiesel de gordura suína na mistura diesel-biodiesel.

O ponto de fulgor do diesel de petróleo depende da classe do diesel em questão e geralmente está entre 38°C a 55°C (Boog et al., 2011). Este valor é muito menor que o ponto de fulgor mínimo para o biodiesel determinado pela ASTM D6751 (130°C), EN 14214 (120°C) ou ANP 07/2008 (100°C). Além disso, é importante ressaltar que o GHS (Sistema Harmonizado Globalmente) usado para classificação e rotulagem de produtos químicos define uma substância como inflamável quando o ponto de fulgor é menor que 93°C (200°F) (ABIQUM, 2005).

Considerando-se a classificação de líquidos inflamáveis do GHS, todos os biodieseis aditivados, independente da concentração de aditivo (4% e 9%) seriam classificados no menor risco de inflamabilidade, que está entre 93°C a 60°C. As misturas B5, B10 e B20 independente do uso de aditivo seriam consideradas inflamáveis, entretanto no segundo (menor) grupo de risco.

No biodiesel de gordura suína, as misturas B5, B10 e B20 não apresentaram variação significativa nos resultados do ponto de fulgor.

O biodiesel de óleo de soja comportou-se de maneira semelhante ao biodiesel de gordura suína. O biodiesel de óleo de canola mostrou diferenças significativas no ponto de fulgor para quaisquer concentrações de biodiesel na mistura com o diesel.

O biodiesel de óleo de girassol não apresentou variação significativa entre os pontos de fulgor obtidos em misturas B5-B10. As outras alterações de concentração de biodiesel na mistura com o diesel causou variação significativa do ponto de fulgor.

O caso do biodiesel de óleo de milho foi semelhante ao do biodiesel de óleo de girassol, exceto as misturas B10-B20 que não apresentaram variação significativa, as outras concentrações conduziram a pontos de fulgor significativamente diferentes.

Os parâmetros das curvas referentes aos gráficos das figuras 137 a 141 obtidos através da regressão linear estão reportados na tabela 13:

**Tabela 13:** Dados de regressão linear dos gráficos apresentados nas figuras de 136 a 140, que correlacionam o ponto de fulgor com a porcentagem, em volume, de biodiesel na amostra.

Biodiesel	Y = A + B X		
	A±Δ	B±Δ	R
Canola	35,3±3,2	0,83±0,07	0,986
Milho	37,1±4,1	0,73±0,09	0,972
Gordura Suína	34,4±3,8	0,84±0,08	0,982
Soja	36,8±2,7	0,64±0,06	0,984
Girassol	35,4±4,8	0,97±0,10	0,978

Os valores dos coeficientes de correlação linear, entre a quantidade de biodiesel na mistura diesel-biodiesel e o ponto de fulgor mostram que há uma relação direta entre os dois parâmetros.

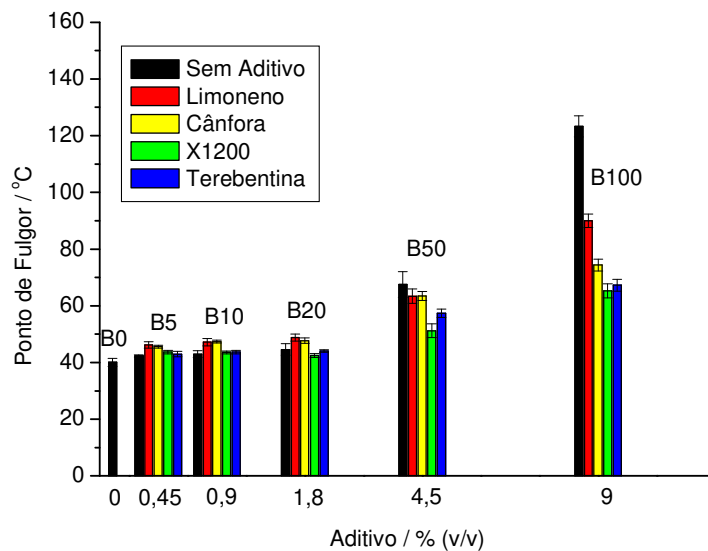
#### 4.8.5. PONTO DE FULGOR DAS MISTURAS DE DIESEL COM BIODIESEL ADITIVADO

Seguindo o mesmo procedimento realizado nos casos descritos, os ensaios de ponto de fulgor foram realizados para misturas de diesel mineral com biodiesel de óleo de soja, de óleo de girassol, de óleo de canola, de óleo de milho e de gordura suína. O ensaio foi realizado nas misturas B5, B10, B20 e B50 e os resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel, B5, B10, B20 e B50, de diferentes origens e com diferentes aditivos encontram-se no Apêndice 8, nas tabelas 136 a 145.

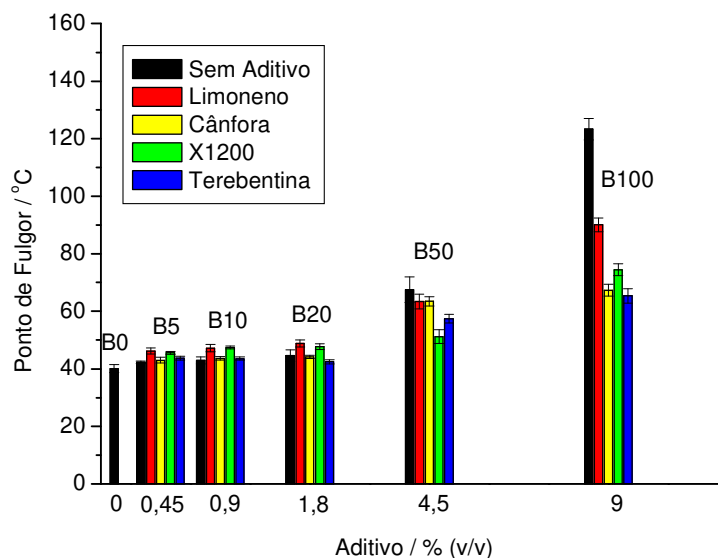
Considerando-se os resultados encontrados para o B0 e também para o B100, com os aditivos, e ainda para as misturas diesel-biodiesel aditivadas foram



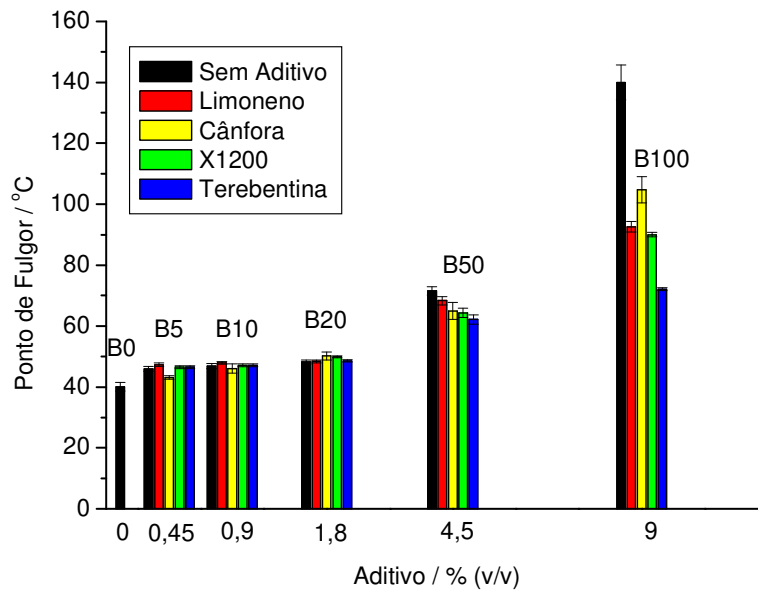
construídos os gráficos que mostram as relações versus as concentrações dos aditivos. Estes podem ser vistos nas figuras 142 a 146:



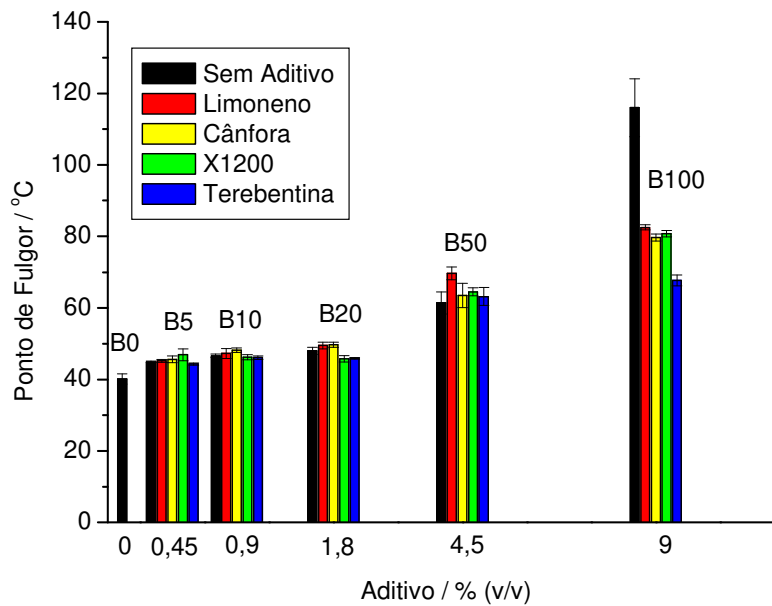
**Figura 142:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de gordura suína – BX – puro e com diferentes aditivos.



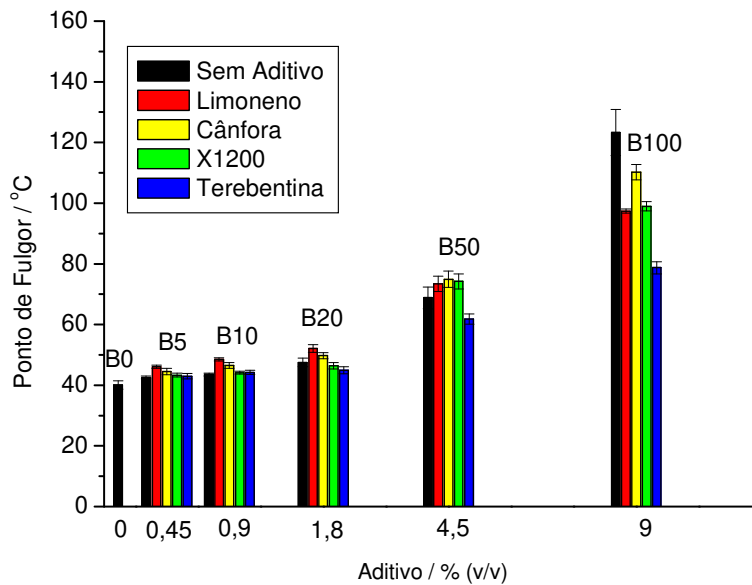
**Figura 143:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – puro e com diferentes aditivos.



**Figura 144:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – puro e com diferentes aditivos.



**Figura 145:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – puro e com diferentes aditivos.



**Figura 146:** Correlação entre o ponto de fulgor e a concentração das misturas diesel-biodiesel de canola – BX – puro e com diferentes aditivos.

Ao observar as correlações existentes nas figuras de 142 a 146 nota-se que o comportamento das misturas diesel-biodiesel, aditivadas ou não, de forma geral são muito semelhantes. Como já visto anteriormente, os aditivos reduzem o ponto de fulgor dos biodieseis puros, e a adição de qualquer quantidade de biodiesel no diesel aumenta o ponto de fulgor da mistura.

Aplicando o teste t pareado de Student (Apêndice 8), observa-se que para as misturas diesel-biodiesel de óleo de canola, na composição B5, apenas o limoneno causou aumento no ponto de fulgor. Na concentração B10, os aditivos limoneno, X1200 e cânfora aumentaram o valor desta propriedade. No B20 apenas a cânfora causou aumento significativo. Usando-se uma mistura com igual quantidade de diesel e de biodiesel de óleo de canola, os aditivos limoneno, X1200 e cânfora aumentaram o ponto de fulgor, enquanto a terebentina ocasionou diminuição.

O ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de girassol variou pouco com e sem o uso dos aditivos. Na concentração B5 e B20, dos aditivos

testados, apenas a cânfora reduziu o valor desta propriedade. Quando se considera B50, os aditivos X1200 e terebentina diminuiram o ponto de fulgor. O uso de limoneno não alterou significativamente o valor desta propriedade para qualquer concentração do biodiesel.

O biodiesel de óleo de milho mostrou resultados de ponto de fulgor semelhantes para a grande parte das misturas diesel-biodiesel, com os diferentes aditivos testados. Ocorreram aumentos desta propriedade com o uso de cânfora no B10, X1200 no B20 e limoneno no B50.

O ponto de fulgor no biodiesel de óleo de soja aumentou com o uso de limoneno e X1200 no B10 e também no B20. Entretanto, apontou diminuição nos valores desta propriedade quando foi usado o X1200 na concentração B50.

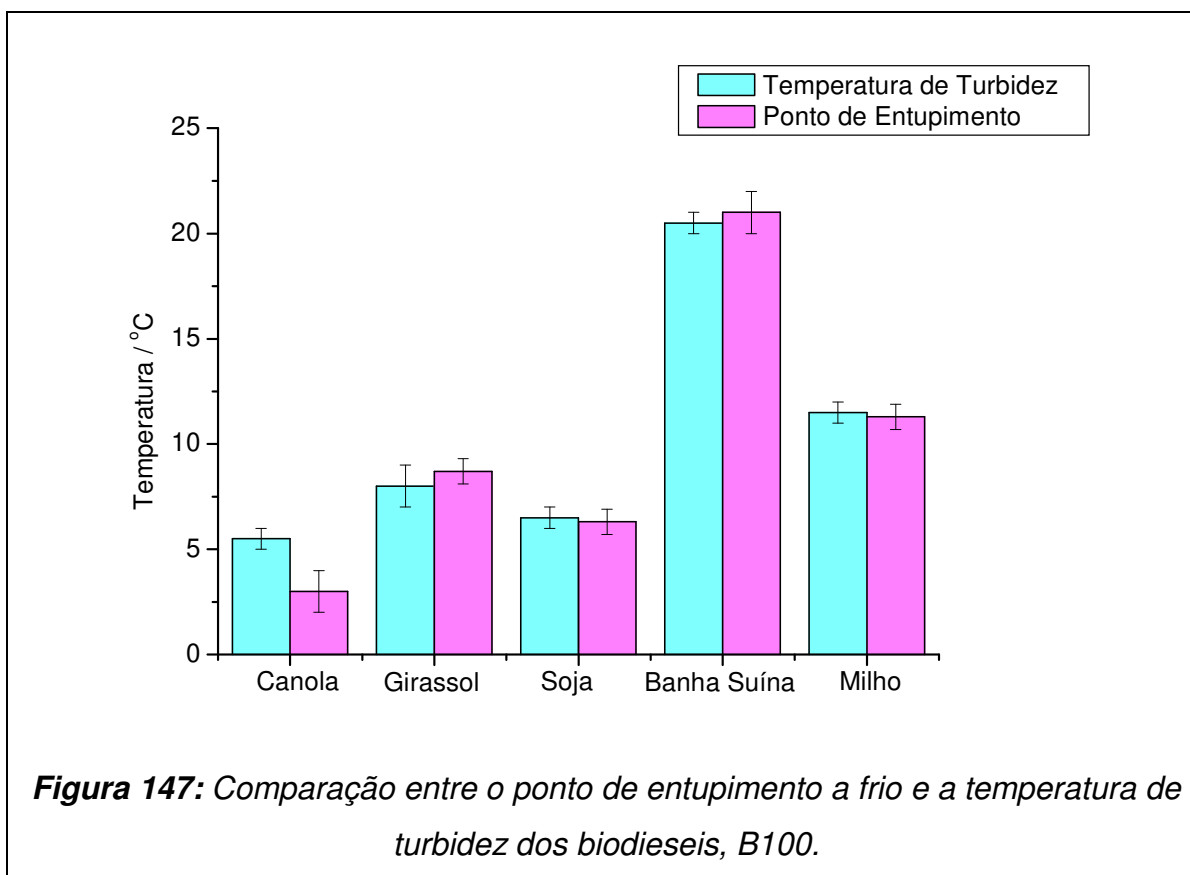
O uso de aditivos limoneno e cânfora aumentaram o ponto de fulgor das misturas B5 e B10, com o biodiesel de gordura suína. O uso do aditivo X1200, no B50 diminuiu o ponto de fulgor. Nos demais casos não foram observadas diferenças significativas entre os valores do ponto de fulgor para a mistura diesel-biodiesel sem aditivo e aquela aditivada.

Os dados apresentados neste capítulo juntamente com os resultados de Boog et al. (2011) - redução do ponto de fulgor do biodiesel com resíduo de álcool - apontam que uma discussão mais aprofundada a respeito desta propriedade deveria ser realizada. Os valores mínimos do ponto de fulgor para o biodiesel, requisitados pelas normas (ASTM D6751 - 130°C, EN 14214 - 120°C e ANP 07/2008 - 100°C) deveriam ser discutidos, uma vez que eles superam os limites do sistema GHS (que define a inflamabilidade de uma substância) e, além disso, são muito superiores aos valores apresentados para o diesel de petróleo. Por outro lado, a exigência de calores altos de ponto de fulgor para o biodiesel leva à necessidade de diminuir muito o conteúdo de álcool residual no mesmo o que acarreta aumento dos custos e, também, maior uso de energia diminuindo o caráter “verde” deste combustível.

## 4.9. CORRELAÇÕES ENTRE OS BIODIESEIS PUROS – B100

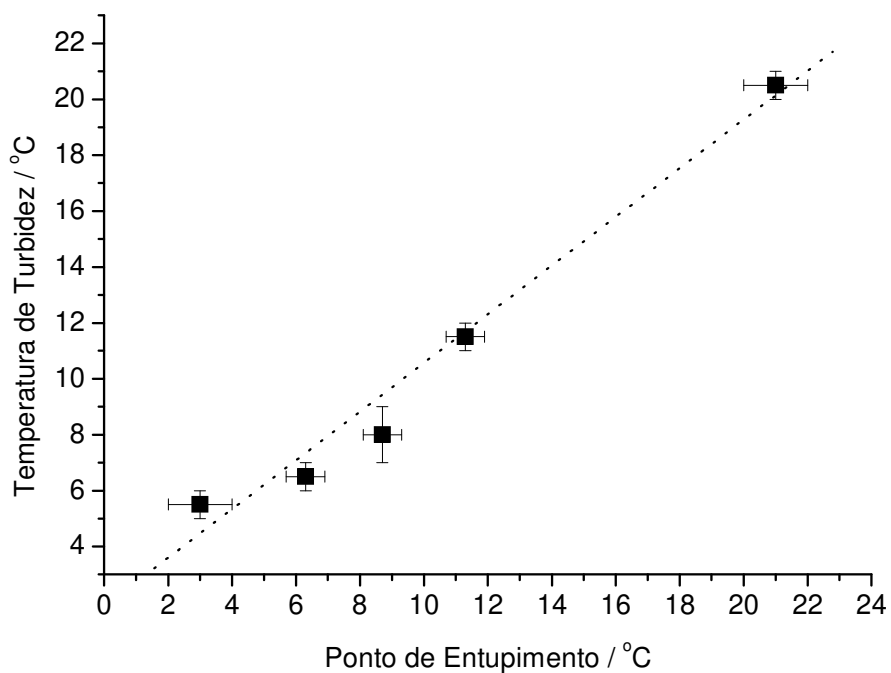
### 4.9.1. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO E TEMPERATURA DE TURBIDEZ

Os dados da temperatura de turbidez e do ponto de entupimento dos biodieseis de diferentes origens foram comparados na figura 147:



Os dados apontam que os valores da temperatura de turbidez e do ponto de entupimento são iguais, sendo significativamente diferentes apenas para o biodiesel de óleo de canola, quando se utiliza a ferramenta estatística teste t pareado de Student (Apêndice 10). Apesar de não ter sido possível verificar o aparecimento das primeiras partículas sólidas no ensaio de ponto de entupimento a frio, pelos resultados obtidos para a temperatura de turbidez, estas se formam

na mesma ocasião do entupimento para os biodieseis, B100, pelo menos nos casos aqui descritos (Figura 147).



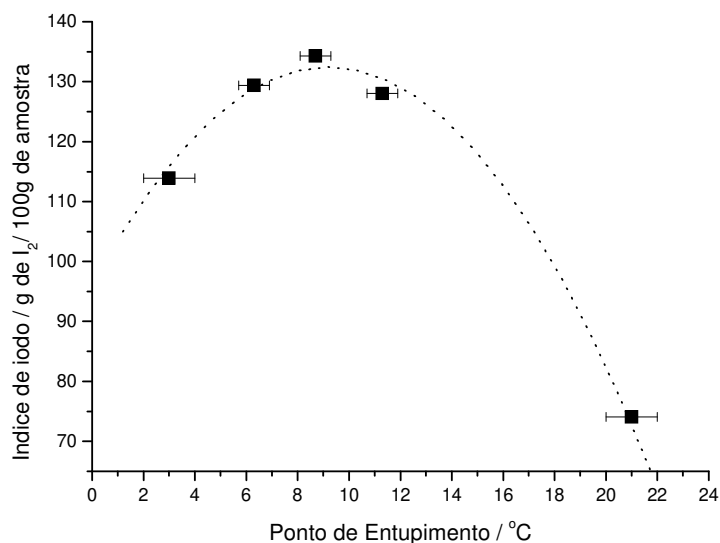
**Figura 148:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez dos biodieseis, B100.

O coeficiente de correlação para a regressão linear da curva temperatura de turbidez, (y), versus a do ponto de entupimento, (x), foi igual a  $R=0,9914$ , sendo os coeficientes da equação  $y = a+bx$ : (linear)  $a = 0,87\pm 0,04$  °C; (angular)  $b=1,85\pm 0,45$ .

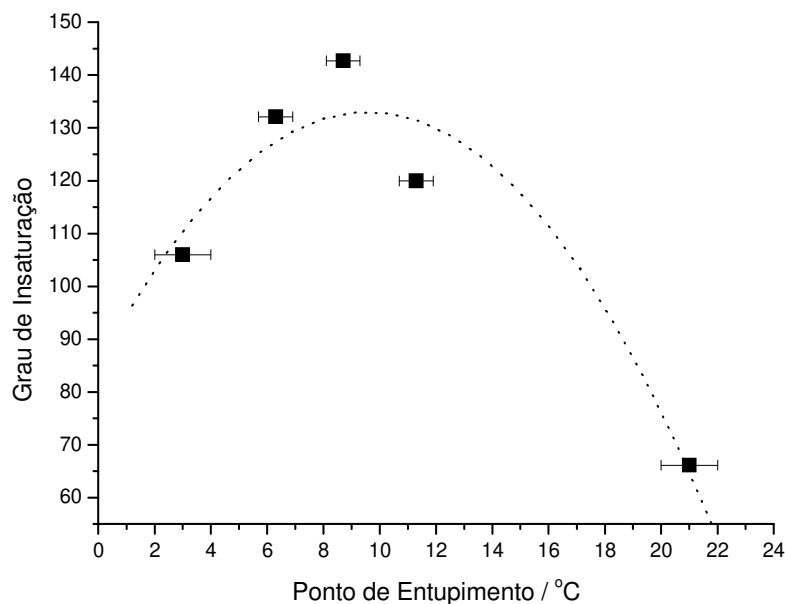
#### 4.9.2. CORRELAÇÃO ENTRE O PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO E A COMPOSIÇÃO EM SATURADOS (OU INSATURADOS) DOS ÓLEOS OU GORDURA DE ORIGEM ANIMAL (SUÍNA)

A literatura aponta várias correlações entre as propriedades do biodiesel (Silveira et al., 2011 e Boog et al., 2011). Aricetti (2010) mostrou que há correlação entre o número de cetanos e o índice de iodo e, também, entre o número de cetanos e o grau de insaturação. Levantou ainda a hipótese de que deveria ser observada correlação do índice de iodo com o ponto de entupimento.

Com os dados obtidos no presente trabalho foram realizadas correlações entre o ponto de entupimento e o grau de insaturação, bem como entre o ponto de entupimento e o índice de iodo. Os resultados se encontram nas figuras 149 e 150.



**Figura 149:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e o índice de iodo.



**Figura 150:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e o grau de insaturação.

Nota-se que pode haver um relacionamento matemático o ponto de entupimento a frio e o grau de insaturação. E esta relação deve ser polinomial de segunda ordem.

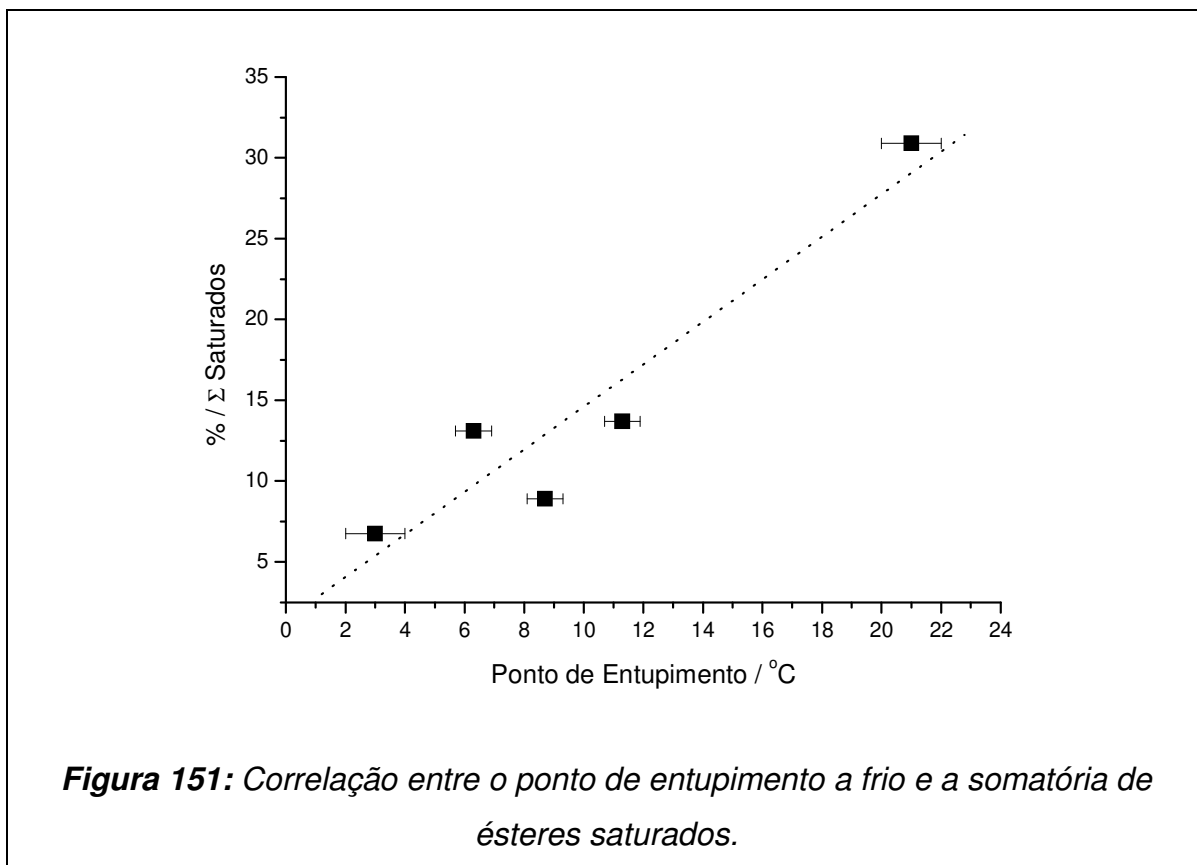
Segundo Chastek (2011) a redução do ponto de entupimento a frio ocorre com o decréscimo da concentração de espécies saturadas no biodiesel. Em consequência pode-se supor que o ponto de entupimento deve estar linearmente relacionado com a quantidade de saturados (e também como o total de insaturados) presentes na composição dos ésteres dos biodieseis. Como as moléculas saturadas apresentam temperatura de solidificação (temperatura de fusão) superior aos apresentados pelas moléculas insaturadas, a presença de espécies saturadas deve contribuir para o aumento do ponto de entupimento, e vice-versa.

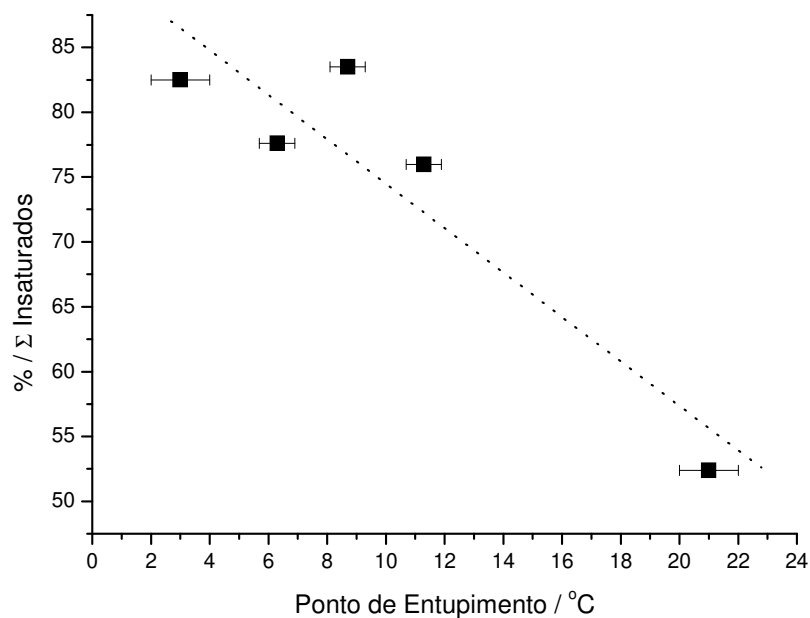
As temperaturas de fusão dos ésteres metílicos saturados presentes no biodiesel são: miristato de metila 18°C; palmitato de metila 35°C; estearato de metila 41°C; eicosenoato de metila 48°C. As temperaturas de fusão dos ésteres



metílicos insaturados presentes no biodiesel são: palmitoleato de metila  $-0,5^{\circ}\text{C}$ ; oleato de metila  $-20^{\circ}\text{C}$ ; linoleato de metila  $-35^{\circ}\text{C}$ ; linolenato de metila  $-35^{\circ}\text{C}$ ; eicosenoato de metila  $-15^{\circ}\text{C}$  (sigmaaldrich.com, 2011).

Para verificar se a hipótese é verdadeira foram determinadas as correlações entre a somatória das quantidades de ésteres saturados presentes no biodiesel e o ponto de entupimento a frio. Como complemento o mesmo procedimento foi realizado com a somatória dos ésteres insaturados e o resultado encontra-se nas figuras 151 e 152:





**Figura 152:** Correlação entre o ponto de entupimento a frio e a somatória de ésteres insaturados.

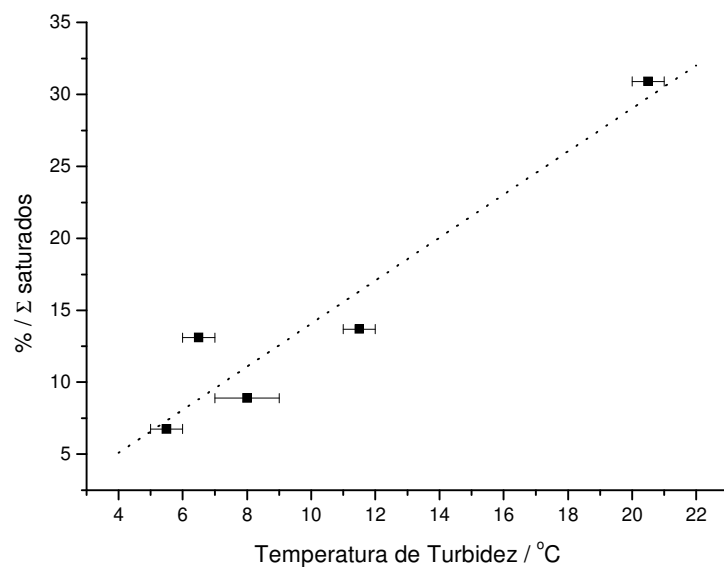
As figuras 151 e 152 mostraram que existe uma correlação quase linear entre as grandezas citadas. O fato da relação não ser perfeitamente linear, provavelmente, poderia ser explicado pela incompleta quantificação de alguns ésteres, por exemplo laurato de metila (C12) e caprato de metila (C10) que não foram contabilizados pelo ensaio de cromatografia realizado.

A tendência quase linear verificada nos gráficos comprova o que foi descrito por Chastek (2011) que indicou o decréscimo do ponto de entupimento a frio, através da redução da porcentagem de saturados presentes na mistura. Diminuir a quantidade de ésteres saturados no biodiesel ou aumentar a quantidade de ésteres insaturados, além do uso de aditivos são formas de alterar o ponto de entupimento a frio.

### 4.9.3. CORRELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA DE TURBIDEZ E A COMPOSIÇÃO EM SATURADOS (OU INSATURADOS) DOS ÓLEOS OU GORDURA DE ORIGEM ANIMAL (SUÍNA)

Por conta da correlação existente entre o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez espera-se que o comportamento da turbidez seja análogo ao comportamento do ponto de entupimento.

Espera-se que correlação entre esta propriedade e o índice de iodo ou grau de instauração seja de segunda ordem e que as correlações entre a temperatura de turbidez e a quantidade de ésteres metílicos saturados e a quantidade de ésteres metílicos insaturados na amostra sejam quase lineares. As correlações entre a temperatura de turbidez e a somatória da quantidade de ésteres saturados são mostradas nas figuras 153.



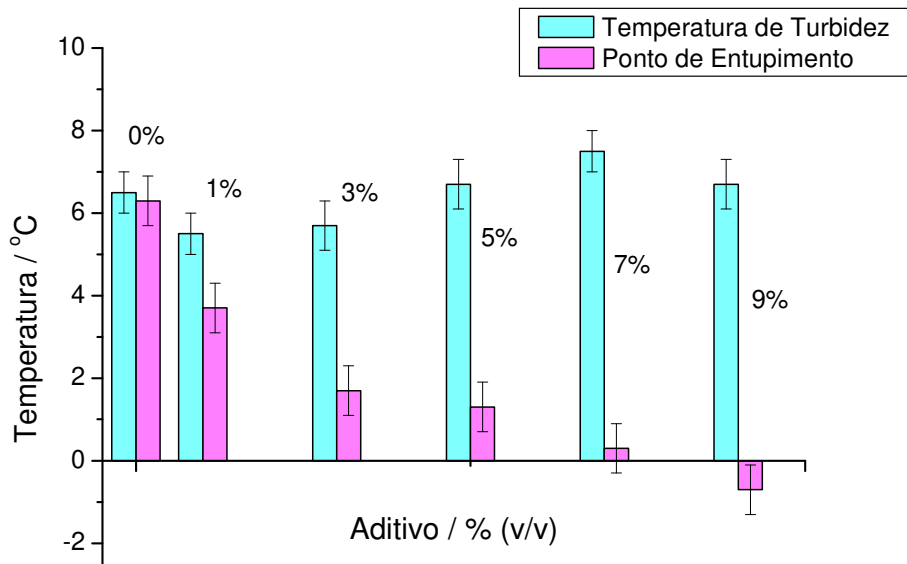
**Figura 153:** Correlação entre a temperatura de turbidez e a somatória de ésteres saturados

A regressão quase linear também foi obtida neste caso. Conforme esperado um aumento nas quantidade de ésteres metílicos saturados, aumentará a temperatura de turbidez.

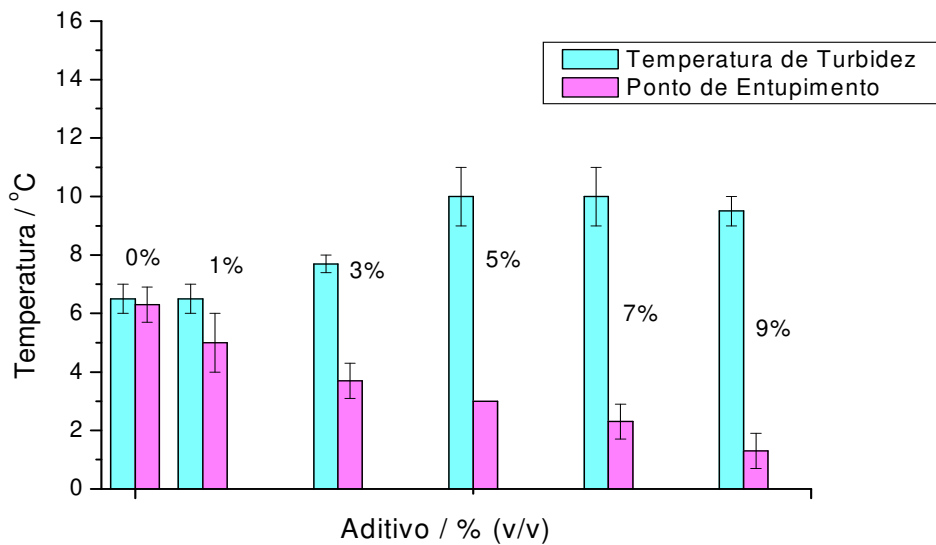
## **4.10. CORRELAÇÕES ENTRE OS BODIESEIS – B100 – ADITIVADOS**

### **4.10.1. PONTO DE ENTUPIMENTO A FRIO E TEMPERATURA DE TURBIDEZ**

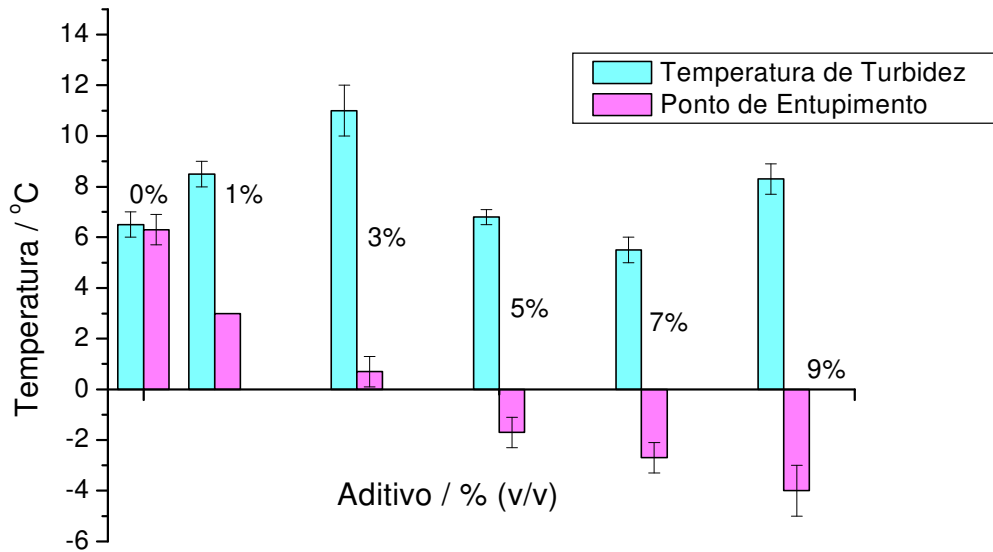
Como mostrado anteriormente, para o biodiesel puro a formação das partículas sólidas ocorre na eminência da ocorrência do entupimento do filtro. Porém, é necessário verificar se esta observação pode ser estendida para biodieseis contendo um dos aditivos propostos neste trabalho. Com este intuito foram realizadas comparações entre estas duas propriedades nos biodieseis de diferentes origens e com diferentes aditivos. Os resultados encontram-se nas figuras de 154 a 173:



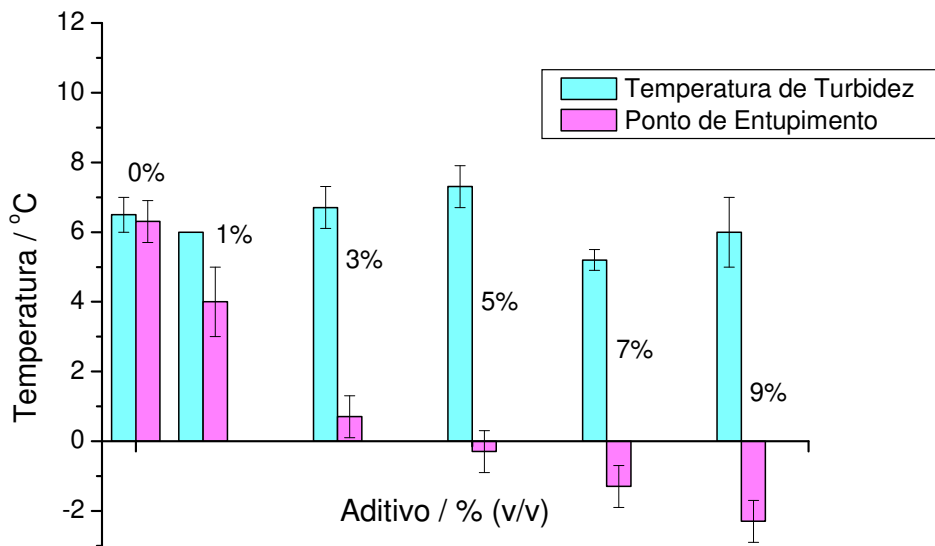
**Figura 154:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.



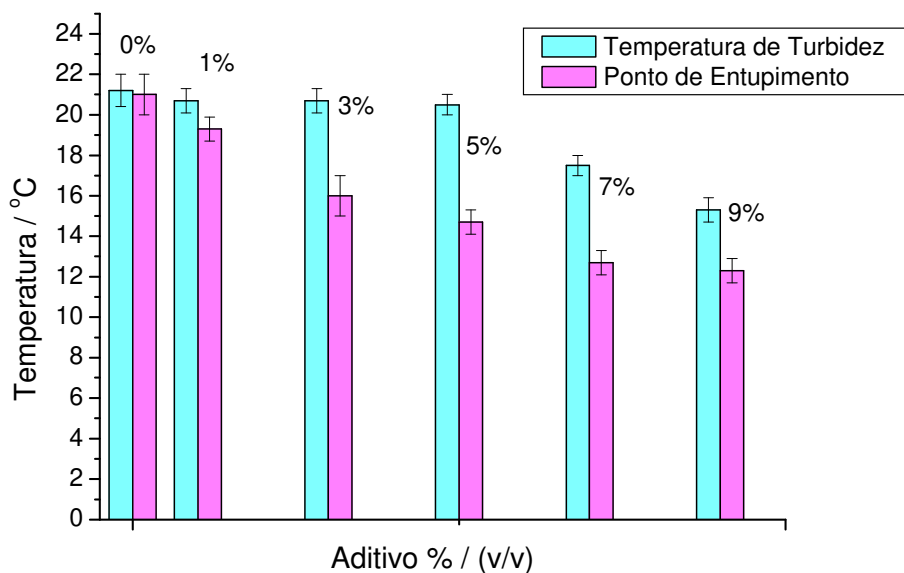
**Figura 155:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.



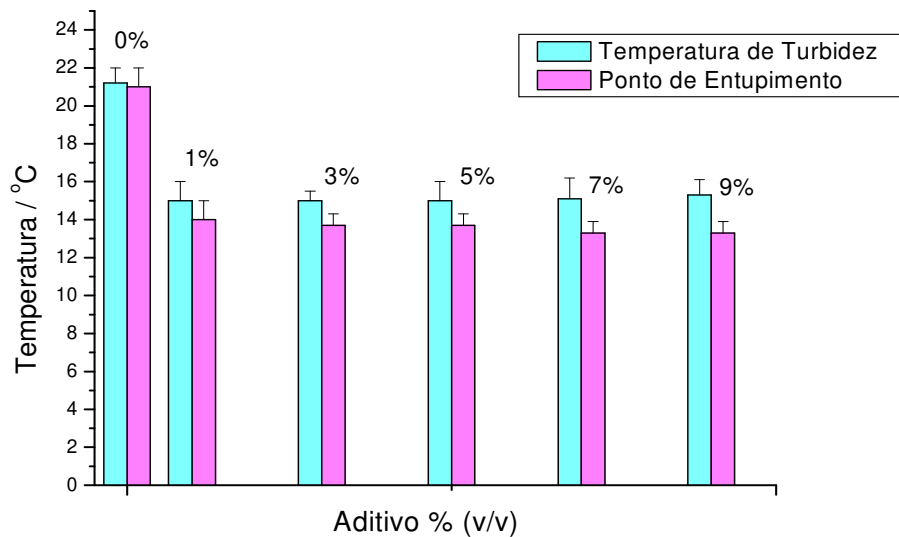
**Figura 156:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.



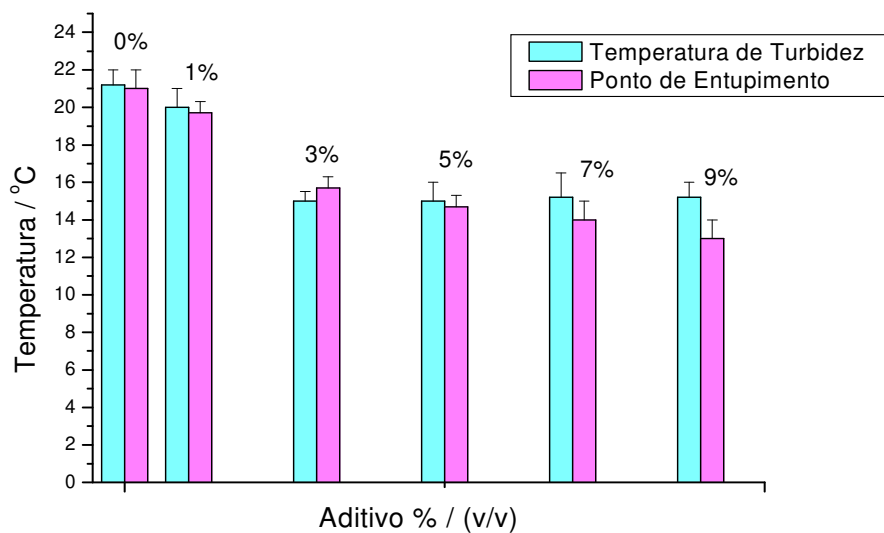
**Figura 157:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de soja - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.



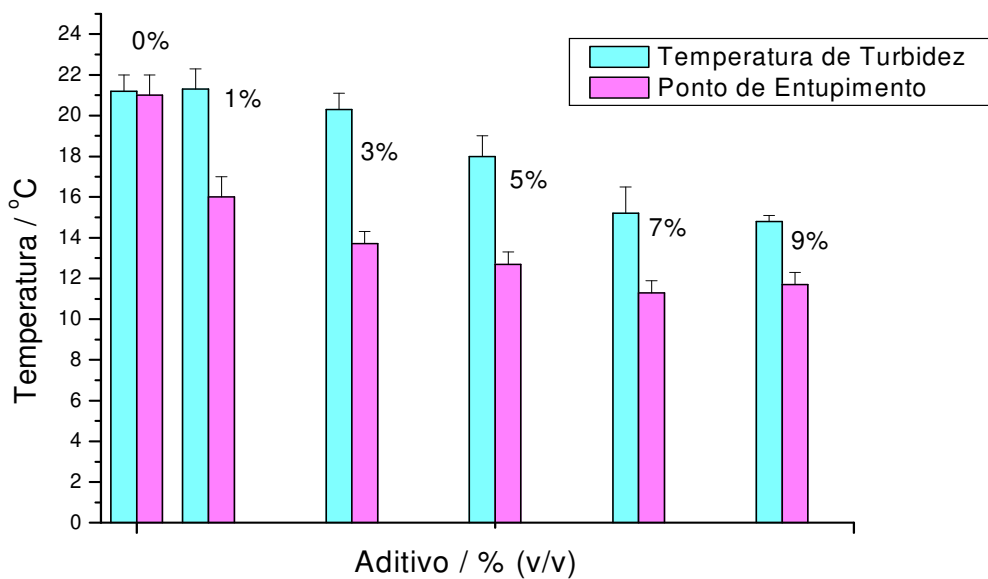
**Figura 158:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.



**Figura 159:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.

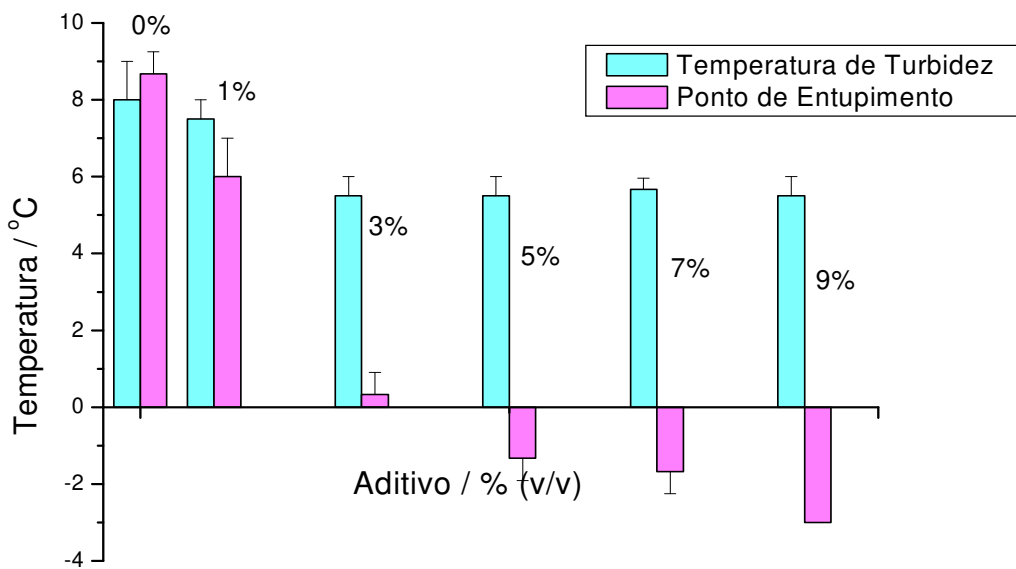


**Figura 160:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.

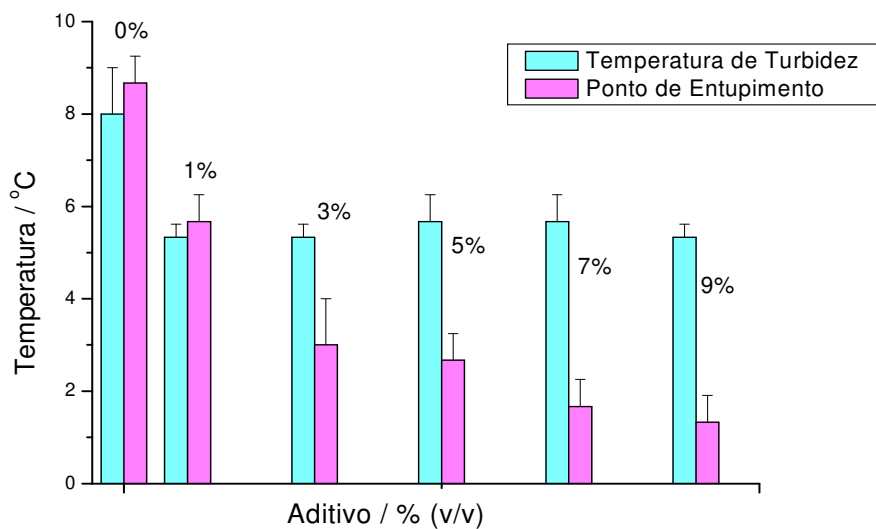


**Figura 161:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de gordura suína - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.

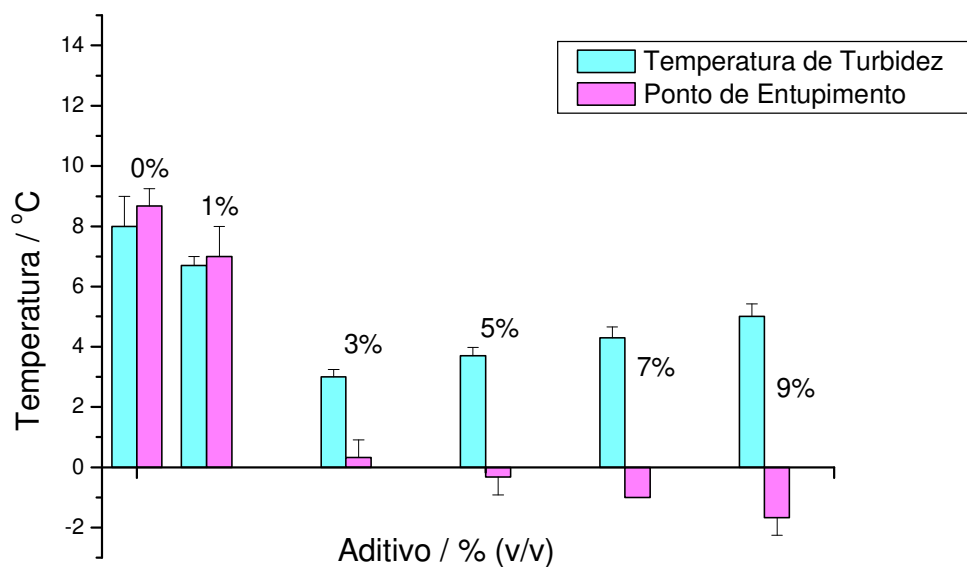




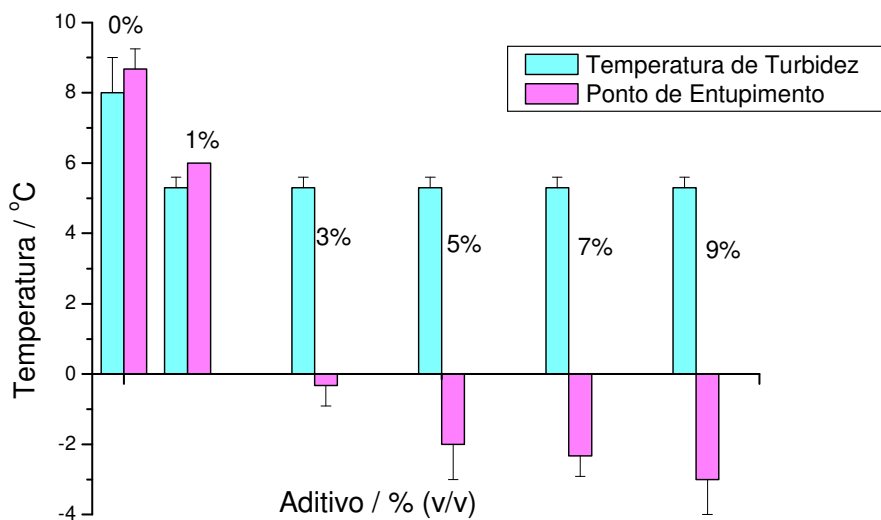
**Figura 162:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.



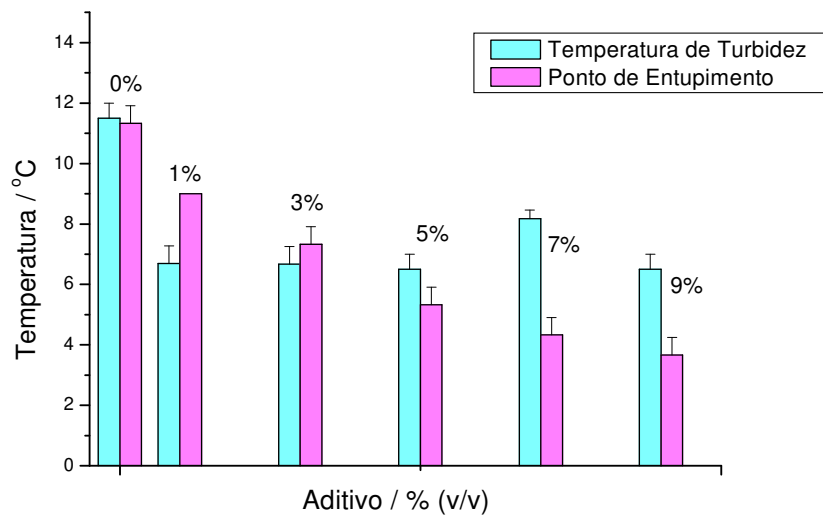
**Figura 163:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.



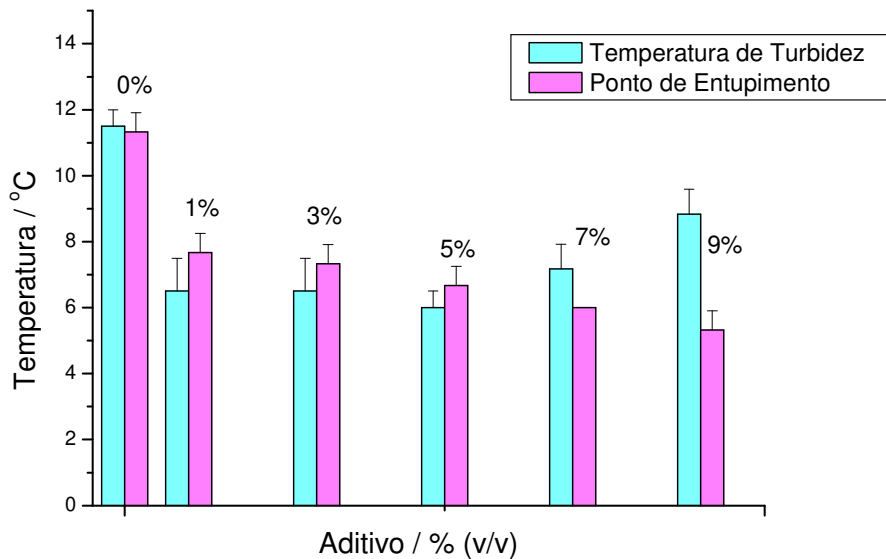
**Figura 164:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.



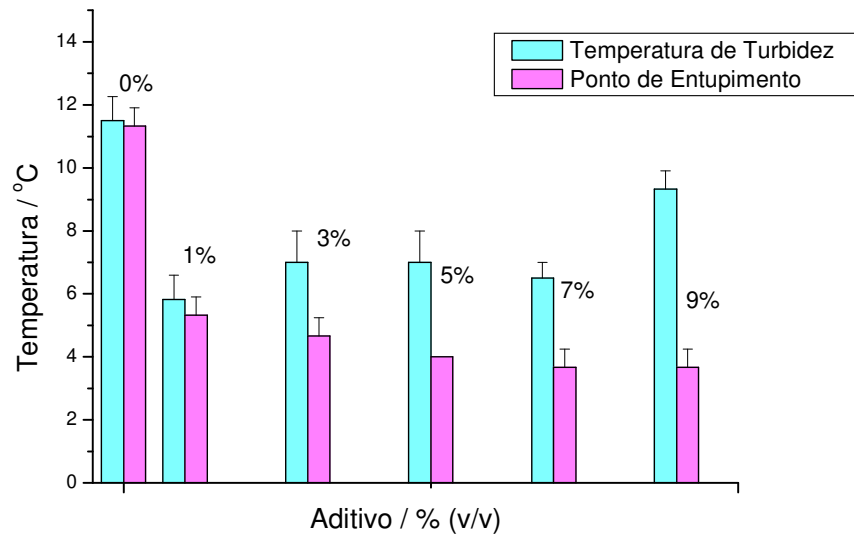
**Figura 165:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de girassol - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.



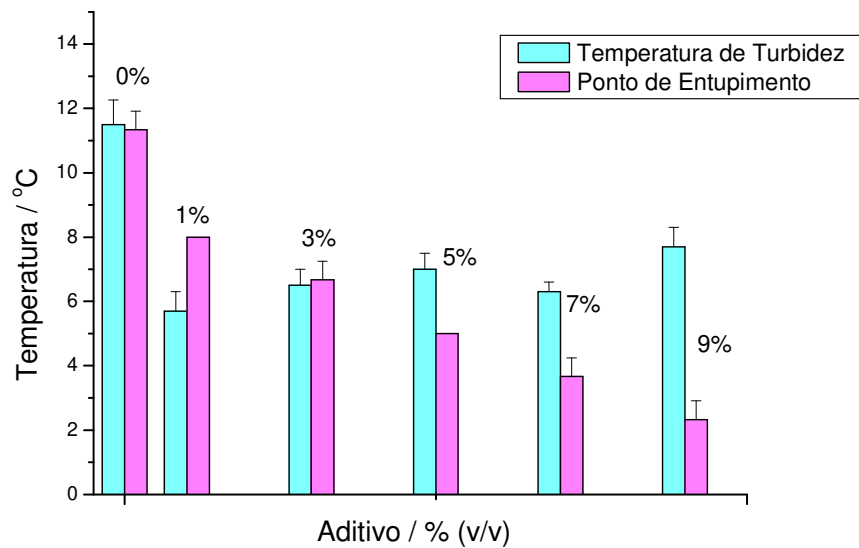
**Figura 166:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.



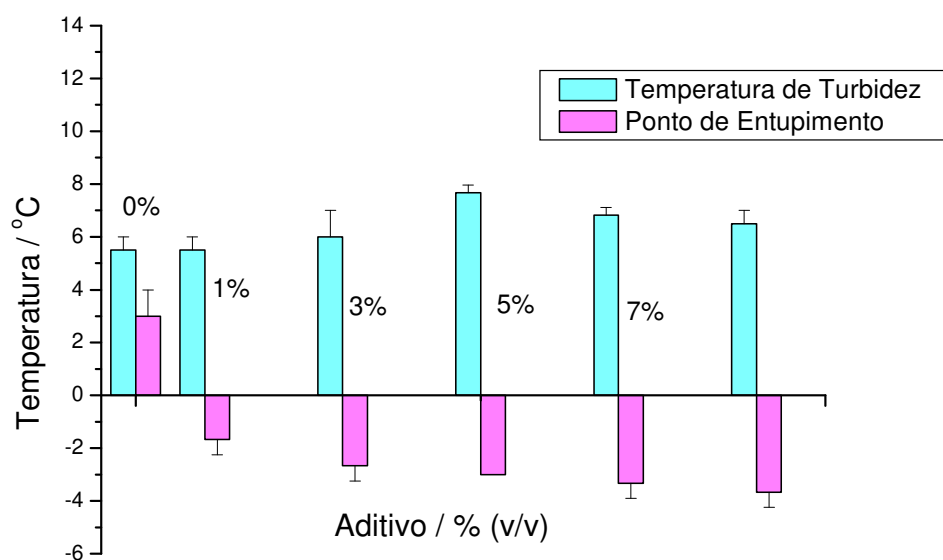
**Figura 167:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.



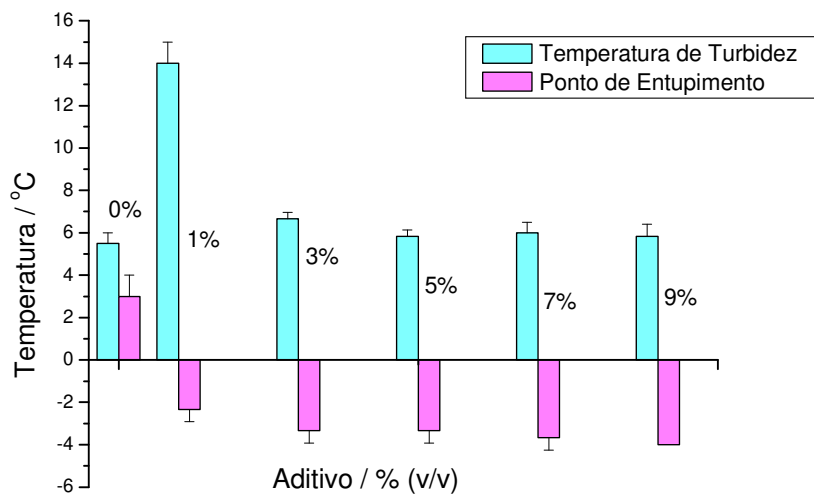
**Figura 168:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.



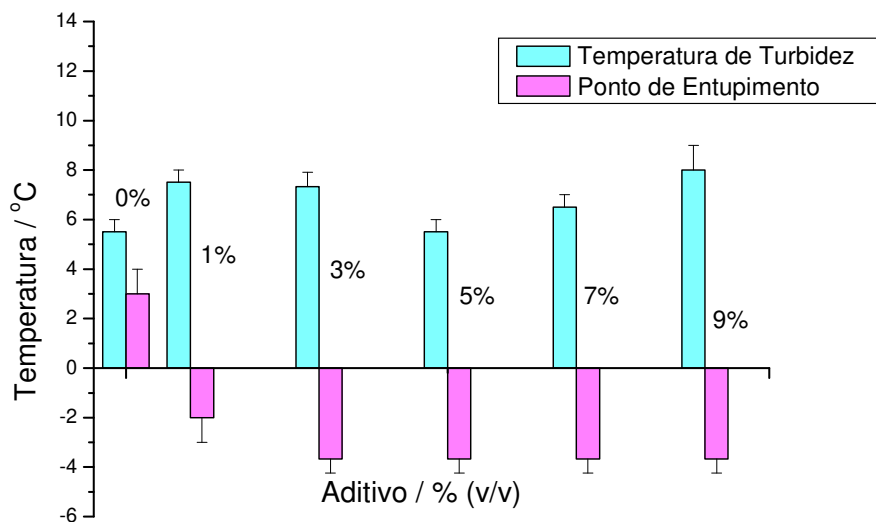
**Figura 169:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de milho - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.



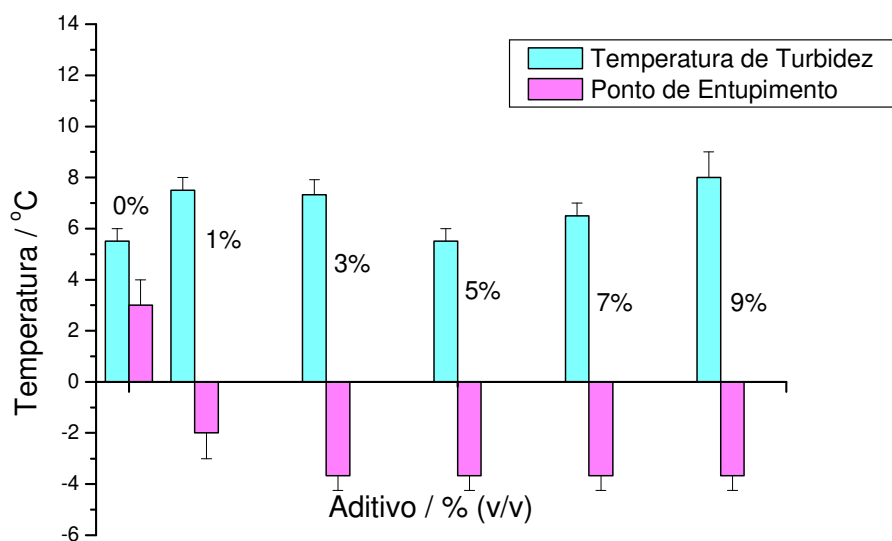
**Figura 170:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de limoneno.



**Figura 171:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de cânfora.



**Figura 172:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de X1200.



**Figura 173:** Comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez do biodiesel de óleo de canola - B100 – puro e aditivado em diferentes concentrações de terebentina.

Foi aplicado o teste t pareado de Student, entre os resultados do ponto de entupimento a frio e da temperatura de turbidez (Apêndice 11). Quando se considera o biodiesel de óleo de canola, independente da concentração de aditivos no biodiesel, todos os valores são significativamente diferentes. Assim, a introdução do aditivo reduziu o ponto de entupimento, mas não impediu o aparecimento de partículas sólidas em temperaturas mais altas.

O biodiesel de óleo de girassol mostrou resultados semelhantes no que se refere ao aparecimento de partículas e, também, em relação ao ponto de entupimento com todos os aditivos a 1%, em volume, e com a cânfora a 3%, em volume. Nas outras concentrações o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez são diferentes em todos os casos.

O biodiesel de óleo de soja mostrou que utilizando-se 1%, em volume, de cânfora ou limoneno que não existe diferença significativa (Apêndice 11) entre os valores de turbidez e entupimento. Todas as outras concentrações utilizadas mostraram que o ponto de entupimento a frio é inferior, quando comparado com a temperatura do aparecimento das primeiras partículas sólidas.

Os biodieseis de óleo de milho e de gordura suína apresentaram comportamentos semelhantes. Para o caso do biodiesel de óleo de milho contendo até 7% em volume de cânfora, até 5% em volume de limoneno, ou até 3% em volume de limoneno ou X1200, os valores do ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez são semelhantes, quando se comparam estas propriedades em amostras com o mesmo volume dos aditivos. Concentrações de aditivos superiores aos citados nos paragrafo acima, diminuíram significativamente o ponto de entupimento em comparação com a turbidez.

O biodiesel de gordura suína teve comportamento similar, porém diferentemente do biodiesel de óleo de milho, as concentrações de 7% e 9%, em volume, de cânfora causaram redução significativa no ponto de entupimento, quando comparado com a temperatura em que apareceram as primeiras partículas sólidas.

Assim, os dados mostraram que a adição de aditivos no biodiesel causa diferença nas propriedades de ponto de entupimento a frio e na temperatura de

turbidez. Quando o biodiesel está puro, as partículas sólidas aparecem em temperatura próxima à do entupimento. Quando é usado aditivo no biodiesel o aparecimento das primeiras partículas sólidas ocorre em temperatura superior àquela do entupimento do filtro.

A observação de que as partículas sólidas aparecem antes do entupimento do filtro indica que estas devem ser muito pequenas, provavelmente do tamanho de partículas coloidais (>1000nm). Esta suposição é reforçada pelas observações de que os aditivos podem influenciar na morfologia dos cristais, reduzindo o tamanho e alterando o formato, com conseqüente alteração do ponto de entupimento a frio do biodiesel (Chiu et al, 2004 e El-Gamal e Al-Sabbagh, 1996).

A ação dos aditivos no biodiesel pode ser entendida segundo a hipótese de que eles apresentam comportamento semelhante aos plastificantes (ftalatos de forma geral) do PVC (policloreto de vinila). Conforme Nunes et al. (2006) os plastificantes atenuam as interações dipolo-dipolo entre as moléculas do polímero. Eles aumentam o volume livre entre as cadeias, reduzindo a dureza e a temperatura de fragilização do PVC.

Para o caso do biodiesel e suas misturas, os aditivos impedem a formação de aglomerados moleculares saturados, formados em temperaturas mais altas do que os aglomerados insaturados. Os aditivos provavelmente atenuam as interações de Van der Waals, influenciando na morfologia dos agregados moleculares, reduzindo o tamanho e alterando o formato, e assim reduzindo o ponto de entupimento a frio (Chiu et al, 2004 e El-Gamal e Al-Sabbagh, 1996).

Esta teoria explica como é possível que um biodiesel aditivado se mantenha fluído em temperaturas inferiores às quais o mesmo biodiesel puro não passa mais pelo filtro, possibilitando o aumento do uso de ésteres metílicos saturados na mistura que compõe o biodiesel.



## 5. CONCLUSÃO

O limoneno, a terebentina, a cânfora e o X1200 mostraram-se adequados para adição ao biodiesel, em faixas de concentração até 9% em volume. Também puderam ser adicionados nas misturas diesel-biodiesel em concentrações até 4,5% em volume.

O uso de 9% em volume de X1200 diminuiu em 10°C o ponto de entupimento do biodiesel de óleo de soja, e o mesmo resultado foi obtido quando utilizou-se o mesmo volume de terebentina no biodiesel de gordura suína. A maior redução do ponto de entupimento ocorreu no biodiesel de óleo de girassol, tendo sido de 12°C utilizando-se 9% de limoneno, terebentina ou X1200. No caso do óleo de canola, qualquer volume de aditivo levou o ponto de entupimento a frio do biodiesel à temperaturas inferiores a 0°C.

A redução do ponto de entupimento a frio também ocorreu com o uso de aditivos em misturas diesel-biodiesel. Os aditivos foram eficientes nas misturas diesel-biodiesel de gordura suína (B5 a B20), e também nas misturas diesel-biodiesel de óleo de milho (B10 e B20). O ponto de entupimento a frio foi reduzido na mistura B10, diesel-biodiesel de gordura suína em 8°C com a adição de 0,8% em volume de terebentina. No caso do B20, esta mesma mistura teve seu ponto de entupimento reduzido em 13°C com a adição de 1,8% do mesmo aditivo.

Verificou-se também a tendência de aumento da temperatura de turbidez com a utilização de aditivo nas misturas diesel-biodiesel. Os aditivos testados não se mostraram eficientes para reduzir a temperatura de turbidez do biodiesel “puro”.

O uso de aditivos pode reduzir o ponto de fulgor do biodiesel “puro” para temperaturas inferiores às estabelecidas pela norma, como é o caso do uso de 9% de terebentina no biodiesel de óleo de milho ou 4% de cânfora no biodiesel de gordura suína. Os pontos de fulgor obtidos para os biodieseis aditivados foram 67,6°C e 78,5°C, respectivamente.

No caso das misturas de diesel com biodiesel, a correlação entre o ponto de fulgor e o teor de biodiesel na mistura mostrou que o uso do biodiesel aumenta

o ponto de fulgor do diesel de forma linear. Os coeficientes de regressão R obtidos ficaram entre 0,97 a 0,99.

Foram feitas correlações entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez para o biodiesel puro. Na regressão linear, o coeficiente de correlação encontrado foi 0,99. Quando se correlacionou o índice de iodo com o ponto de entupimento no biodiesel puro o R obtido foi 0,99 para uma regressão de segunda ordem.

Tanto para o biodiesel “puro”, quanto para o biodiesel aditivado foi realizada a comparação entre o ponto de entupimento e a temperatura de turbidez. Os resultados apontam que não existe diferença entre os valores de ponto de entupimento a frio e temperatura de turbidez obtidos para o biodiesel “puro”. As primeiras partículas aparecem quando o entupimento está na eminência de ocorrer.

Entretanto, quando se comparam as propriedades citadas para o biodiesel aditivado, nota-se que a diferença é significativa. Por exemplo, o biodiesel de gordura suína com limoneno a 3% em volume apresentou  $16,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$  para o ponto de entupimento e  $20,7 \pm 0,7^\circ\text{C}$  para a temperatura de turbidez. A redução do ponto de entupimento não impediu o aparecimento de partículas sólidas.

## 6. PERSPECTIVAS

No Brasil, o diesel consumido corresponde a 50% do consumo de combustível comercializado no país, e em 2011 os volumes alcançaram a marca de 52 bilhões de litros, o que corresponde a aproximadamente 6 % da demanda global deste derivado do petróleo.

Em termos de biodiesel são produzidos mundialmente aproximadamente 16 bilhões de litros por ano, sendo que cerca de 50% desta produção está na Europa. O Brasil produziu em 2011 aproximadamente 20% do biodiesel produzido globalmente.

A capacidade de produção brasileira possibilitaria o início imediato da mistura diesel-biodiesel B10. Entretanto, se o biodiesel for produzido com gordura animal como matéria prima, rica em saturados, o ponto de entupimento do combustível será um problema. O uso dos aditivos naturais poderia ser uma solução, pois utiliza-los resultou em redução do ponto de entupimento. A cânfora reduziu em 6°C (de 12°C para 6°C) o ponto de entupimento de uma mistura diesel-biodiesel B10, de gordura suína.

Um breve exercício do uso de misturas diesel-biodiesel com 10%, em volume de biodiesel, B10, nos combustíveis brasileiros. 52 bilhões de litros de diesel necessitariam de 5,2 bilhões de litros de biodiesel. Considerando-se 10% o uso de gordura suína para a produção do biocombustível seriam 520 milhões de litros de biodiesel anual. Aditivando-se a 9% o biodiesel seriam necessários 46,8 milhões de litros de aditivo. Como o aditivo é usado para a redução do ponto de entupimento e o Brasil possui inverno frio em parte do país durante 3 meses do ano, seriam consumidos aproximadamente 12 milhões de litros de aditivos (ou aproximadamente 12 mil toneladas de cânfora, que possui densidade de 0,99 g/mL). Assim com uma produção global anual de aproximadamente 500 milhões de litros (entre limoneno e terebentina) e o Brasil sendo um dos principais produtores dos terpenos citados, a aditivação das misturas diesel-biodiesel poderia se tornar uma saída para:

- Redução do consumo de matérias primas nobres para a produção de biodiesel, ocorrendo com isso a redução da competição alimento versus combustível;
- Aumento da quantidade do biodiesel ao diesel, determinando com isso a redução do derivado do petróleo;
- Privilégio do consumo de materiais provenientes de fontes naturais, com isso tornando o combustível utilizado no país mais verde;
- Incentivo à química verde e ao uso de produtos naturais na indústria petroquímica;
- Valorização dos resíduos da indústria de cítricos e de papel, o que traria acréscimo de produção de insumos para estas áreas industriais.

Avaliando-se os resultados obtidos neste trabalho fica claro que é possível utilizar no biodiesel e aditivos originários de produtos naturais, dentro de princípios de química verde. Os terpenos reduziram significativamente o ponto de entupimento a frio dos biodieseis de óleo de canola, óleo de soja, óleo de milho, óleo de girassol e de gordura suína quando estes estão puros (B100). Eles também reduziram o ponto de entupimento a frio das misturas diesel-biodiesel de gordura suína. Além disso, os aditivos mostraram ser solúveis com o biodiesel e com as misturas diesel-biodiesel.

Esta redução pode implicar no aumento da fração do biodiesel utilizado nas misturas diesel-biodiesel. O aumento dos níveis de biodiesel no diesel de petróleo já está previsto no programa de biocombustível brasileiro. Os aditivos terpênicos que mostraram ser eficientes na diminuição do ponto de entupimento a frio, podem trazer significativa contribuição ao setor. Um aditivo natural, para um biocombustível, possibilitaria o uso de matérias-primas consideradas não nobres (gorduras animais ou resíduos de cozinhas), com maiores percentuais de compostos saturados, para a produção de biodiesel.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIQUIM, "O que é GHS? Sistema harmonizado globalmente para a classificação e rotulagem de produtos químicos"; *ABIQUIM/DETEC*, 1 ed, São Paulo, 2005.

Abolle, A., Loukou, K., Henri, P., "The density and cloud point of diesel oil mixtures with the straight vegetable oils (SVO): Palm, cabbage palm, cotton, groundnut, copra and sunflower", *Biomass and Bioenergy*, 2009, 33, p1653.

Alleman, T.L., Fouts, L., McCormick, R.L., "Quality analysis of wintertime B6-B20 biodiesel blend samples collectes in the United States", *Fuel Processing Technology*, 2011, 92, p1297.

Alves, C., Pio, C., Gomes, P., "Determinação de hidrocarbonetos voláteis e semi-voláteis na atmosfera", *Química nova*, 2006, 20, 3, p477.

Anastas, P.T., Warner, J.C., "Green Chemistry: Theory and Practice"; Oxford University, 1998.

[anp.gov.br](http://anp.gov.br) acesso em: março de 2012.

Aricetti, J.A., "Métodos Titulométricos Alternativos para a avaliação da qualidade do Biodiesel", *Dissertação de Mestrado*, Orientador: Prof. Dr. Matthieu Tubino - Julho 2010.

[arpa-e.energy.gov](http://arpa-e.energy.gov) acesso em: abril de 2012.

ASTM Standard D2500, "Standard test method for cloud point of petroleum products", *ASTM*, West Conhohocken, PA, 2011.

ASTM Standard D613, "Standard Test Method for Cetane Number of Diesel Fuel Oil", *ASTM*, West Conhohocken, PA, 2010.

ASTM Standard D6371, "Standard test method for cold filter plugging point of diesel and heating fuels ", *ASTM*, West Conhohocken, PA, 1999.

ASTM Standard D93, "Standard test methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed cup tester", *ASTM*, West Conhohocken, PA, 2000.

Bezaire, N., Wadumesthrige, K., Simon, N.K., Salley, S.O., "Limitations of the use of cetane index for alternative compression ignition engine fuels", *Fuel*, 89, 2010, p3807.

Bhatti, H.N., Hanif, M.A., Qasim, M., Rehman, A., "Biodiesel production from waste tallow", *Fuel*, 2008, 87, p2961.

Bindraban, P.S., Bulte, E.H., Conijn, S.G., "Can Large-scale biofuels production be sustainable by 2020?", *Agricultural Systems*, 2009, 101, p197.

[biodieselbr.com](http://biodieselbr.com) acesso em: junho de 2012.

Bajpai, D.; Tyagi, V. K.; "Biodiesel: source, production, composition, properties and its benefits", *Journal of Oleo Science*, 2006, 55, p487.

Boog, J.H.F.; Silveira, E.L.C.; Caland, L.B.; Tubino, M.; "Determining the residual alcohol in biodiesel through its flash point", *Fuel*, 2011, 90, p905.

Boshui, C., Yuqiu, S., Jianhua, F., Jiu, W., Jiang, W., "Effect of cold flow improvers on flow properties of soy bean biodiesel", *Biomass and Bioenergy*, 34, 2010, p1309.

Bouaid, A.; Martinez, M.; Aracil, J. "Production of biodiesel from bioethanol and *Brassica carinata* oil: Oxidation stability study", *Bioresource Technology*, 2009, 100, p2234.

Bozbas, K., "Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union", *Renewable and Sustainable Energy Review*, 2008, 12, p542.

Brito, J.O., Barrichelo, L.E.G., Gutierrez, L.E., "Qualidade do breu e terebentina de pinheiros tropicais", *IPEF*, 1980, 21, p-55.

Burtscher, H., Matter, U., Skillas, G., "Particles in diesel exhaust caused by fuel additives", *Journal of Aerosol Science*, 1998, 29, 2, ps955.

Cardone, M., Prati, M.V., Rocco V., Seggiani M., Senatore A., Vitolo S., "Brassica carinata: an alternative oil-crop for the production of biodiesel in Italy", *Environmental Science and Technology*, 2002, 36, p4656.

Caroa, P.S., Moulounguia, Z., Vaitilingomb, G., Bergec, J.C., "Interest of combining na additive with diesel-ethanol blends for use in diesel engines", *Fuel*, 2001, 80, p565.

Carter, O.A., Peters, R.J., Croteau, R., "Monoterpene biosynthesis pathway construction in *Escherichia coli*", *Phytochemistry*, 2003, 64, p425.

Chastek, T.Q., "Improving cold flow properties of canola-based biodiesel", *Biomass and Bioenergy*, 2011, 35, p600.

Chiu, C.W., Schumacher, L.G., Suppes, G.J., "Impact of cold flow improvers on soybean biodiesel blend", *Biomass and Bioenergy*, 2004, 27, 5, p485

[citrech.it](http://citrech.it) acesso em: abril de 2012

Comyns, A.E., "Biofuels – use with caution!", *Focus on Catalyst*, 2006, 06, p1.

DeMello, J.A., Carmichael, C.A., Peacock, E.E., Nelson, R.K., Arey, J.J., Reddy, C.M., “Biodegradation and Environmental behavior of Biodiesel mixture in the sea: An initial study”, *Marine Pollution Bulletin*, 2007, 54, p894.

Demirbas, A., “Progress and recent trends in biofuels”, *Progress in Energy and Combustion Science*, 2007, 33, p1.

Demirbas, A., “Relationships derived from physical properties of vegetable oils and biodiesel fuel”, *Fuel*, 2008, 87, p1743.

Demirbas, A., “Production of biodiesel fuels from linseed oil using methanol and ethanol in non-catalytic SCF conditions”, *Biomass and Bioenergy*, 2009, 33, p113.

Demirci, U.D., “How green are the chemicals used as liquid fuels in direct liquid-feed fuel cells?”, *Environmental International*, 2009, 35, p626.

[earthpolicy.org](http://earthpolicy.org) acesso em: abril de 2012.

[earthtrends.wri.org](http://earthtrends.wri.org) acesso em: abril de 2012.

[ebb-eu.gov](http://ebb-eu.gov) acesso em: abril de 2012.

El-Gamal, I.M., Al-Sabbagh, A.M., “Polymeric additives for improving the flow properties of Wasi distillate fuels and crudes”, *Fuel*, 1996, 75, 6, p743.

EN 14111, “Fat and oil derivatives – Fatty acid methyl esters (FAME) – Determination of iodine value”, *Beuth-Verlag*, Berlin, 2003.

[epa.gov](http://epa.gov) acesso em: abril de 2012

Erman, W. E., “Chemistry of the Monoterpenes an Encyclopedic Handbook”, *Marcel Dekker, Inc.*, New York, 1985.

[ers.usda.gov](http://ers.usda.gov) acesso em: abril de 2012.

[fao.org](http://fao.org) acesso em: abril de 2012.

Geller, D.P., Goodrum, J.W., “Effects of specific fatty acid methyl ester on diesel fuel lubricity”, *Fuel*, 83, 2004, p2351.

Geris, R., Santos, N.A.C., Amaral, B.A., Maia, I.S., Castro, V.D., Carvalho, J.R.M., “Biodiesel de soja – reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica”, *Química Nova*, 2007, 30, 5, p1369.

Glaude, P.A., Fournet, R., Bounaceur, R., Moliere, M., “Adiabatic flame temperature from biofuels and fossil fuels and derived effects on NOx emissions”, *Fuel Processing Technology*, 2010, 91, p229.

[greatlakebiodiesel.ca](http://greatlakebiodiesel.ca) acesso em: junho de 2012.

- Gross, M., "Algal biofuel hopes", *Current Biology*, 2008, 18, 2, pR46.
- Guardiã, M. de la, "Green analytical chemistry", *Trends in Analytical chemistry*, 2010, 29, 7, p577.
- Guru, M., Karakaya, U., Altiparmak, D., Alicilar, A., "Improvement of Diesel fuel properties by using additives", *Energy Conversion and Management*, 2002, 43, p1021.
- Hall, J., Matos, S., Severino, L., Beltrão, N., "Brazilian Biofuels e social exclusion: established and concentrate ethanol versus emerging dispersed biodiesel", *Journal of Cleaner Products*, 2009, 17, ps77.
- Hammond, G.P., Kallu, S., McManus, M.C., "Development of biofuels for the UK automotive market", *Applied Energy*, 2008, 85, p506.
- Hancso'ka, J., Bubalikb, M., Becka, A., Baladincz, J., "Development of multifunctional additives based on vegetable oil for high quality diesel and biodiesel", *Chemical Engineering research and design*, 2008, 86, p793.
- Holanda, A., "Biodiesel e a inclusão social" – Brasília: Câmara dos deputados, Coordenação de Publicações. *Série Cadernos de altos estudos*, 2004.
- Huang, G., Chen, F., Wei, D., Zhang, X., Chen, G., "Biodiesel production by microalgal biotechnology", *Applied Energy*, 2010, 87, p38.
- Hutchings, G.J., "A golden future for green chemistry", *Catalysis Today*, 2007, 122, p196.
- [icis.com](http://icis.com) acesso em: abril de 2012.
- Jain, S.; Sharma, M. P.; "Stability of biodiesel and its blends: a review"; *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 14, p667.
- Karavalakis, G., Hilari, D., Givalou, L., Karonis, D., Stournas, S., "Storage stability and ageing of biodiesel blends treated with different antioxidants", *Energy*, 2011, 36, p369.
- Kasper, M., Sattler K., Siegmann, K., Matter, U., Siegmann, H.C., "The influence of fuel additives on the formation of carbon during combustion", *Journal of Aerosol Science*, 1999, 30, 2, p217.
- Kawagoe, Y., Fujiki, M., Nakano Y., "Limonene magic: noncovalent molecular chirality transfer leading to ambidextrous circularly polarized luminescent p-conjugated polymers", *New Journal of Chemistry*, 2010, 34, p637



Keskin, A., Guru, M., Altiparmak, D., "Biodiesel production from tall oil with synthesized Mn and Ni based additives: Effects of the additives on fuel consumption and emissions", *Fuel*, 2007, 86, p1139.

Kikic, C.I., Spicka, B., Magoulas, K., Tassios, D., "Determination of partial molar volumes at infinite dilution of alcohols and terpenes in supercritical carbon dioxide", *The Journal of Supercritical Fluids*, 1996, 9, p141.

Kirchhoff, M.M., "Promoting sustainability through green chemistry", *Resources, Conservation and Recycling*, 2005, 44, p237.

Knothe, G., "Biodiesel: Currents trends and proprieties", *Topics in Catalysis*, 2010, 53, p714.

Knothe, G.; "Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty alkyl esters"; *Fuel Processing Technology*, 2005, 86, p1059.

Kodali, D. R., "High performance ester lubricants from natural oils", *Industrial Lubrication and Tribology*, 2002, 54 ,4, p154.

Lang, X., Dalai, A. K., Bakhshi, N. N., Reaney, M. J., Hertz, P. B., "Preparation and characterization of bio-diesels from various bio-oils", *Bioresource Technology*, 2001, 80, p53.

Lenardão, E.J., Freitag, R.A., Dahoub, M.J., Batisita, A.C.F., Silveira, C.C., "Green chemistry – os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa", *Química Nova*, 2003, 26, 1, p123.

Letoffe, J.M., Claudy, P., Garcin, M., Velle, J.L., "Evaluation of crystalized fractions of crude oils by differential scarring calorimetry: correlation with gas chromatography", *Fuel*, 1995, 74, 1, p92.

Lira, L.F.B., Albuquerque, M.S., Pacheco, J.G.A., Fonseca, T.M., Cavalcante, E.H.S., Stragevitch, L., "Infrared spectroscopy and multivariate calibration to monitor stability quality parameters of biodiesel", *Microchemical Journal*, 2010, 96, p126.

Lobo, I.P., Ferreira, S.L.C., "Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos", *Química Nova*, 2009, 32, 6, p1596.

Luengoa, M.A.M., Yatesb, M., Diaza, M., Rojoa, E.S., Gil, L.G., "Renewable fine chemicals from rice and citric subproducts: Ecomaterials", *Applied Catalysis Environmental*, 2011, 106, p488.

Ma, F., Hanna, M.A., "Biodiesel production: a review", *Bioresource Technology*, 1999, 70, p1.

Mahajan, S., Konar, S.K., Boocock, D.B., "Determining the acid number of biodiesel"; *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2006, 83, 6, p567.

Manley, J.B., Anastas, P.T., Cue Jr., B.W., "Frontiers in Green Chemistry: meeting the grand challenges for sustainability in R&D and manufacturing", *Journal of Cleaner Production*, 2008, 16, p743.

Marostica Jr., M.R., Pastore, G.M., "Biotransformação de limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas", *Química Nova*, 2007, 30, 2, p382.

Marques, M.V., Naciuk, F.F., Melo, A.M.S., Seibel, N.M., Fontoura L.A.M., "Determinação do teor de ésteres graxos em biodiesel metílico de soja por CG utilizando oleato de metila como padrão interno", *Química Nova*, 2010, 33, 4, p978.

Martin, D.M., Bohlmann, J., "Identification of Vitisvinifera  $\alpha$ -terpineol synthase by silicio screening of full-length cDNA ESTs and functional characterization of recombinant terpene synthase", *Phytochemistry*, 2004, 65, p1223.

Mazzoleni, C., Kuhns, H.C., Moosmüller, H., Witt, J., Nussbaum, N.J., Chang, M.C.O., Parthasarathy, G., Nathagoundepalayam, S.K.K., Nikolich G., Watson, J.G., "A case study of real-world tailpipe emissions for school buses using 20% biodiesel blend", *Science of the Total Environment*, 385, 2007, p146.

Melo, S.A.B.V., Pallado, P., Bertucco, A., Guarise, G.B., "High-Pressure phase equilibria data of systems containing Limonene, Linalool and supercritical Carbon Dioxide", *High pressure chemical engineering*, 1996, p411.

Mittelback, M., "Diesel fuel derived from vegetable oils, VI: specifications and quality control of biodiesel"; *Bioresource Technology*, 1995, 56, p7.

[moellhausen.com](http://moellhausen.com) acesso em: abril de 2012.

Monteiro M.R., Ambrozini A.R.P., Lião L.M., Ferreira A.G., "A critical review on analytical methods for biodiesel characterization", *Talanta*, 2008, 77, p593.

Murphy, J.D., Powers, N.M., "An argument for using bio methane generated", *Biomass and Bioenergy*, 2009, 33, p504.

Nameroff, T.J., Garant, R.J., Albert, M.B., "Adoption of green chemistry: an analysis based on US patents", *Research Policy*, 2004, 33, p959.

Nitschke, W. R., Wilson, C. M., "Rudolph Diesel, pioneer of the age of power"; Norman: The University of Oklahoma Press, 1965.

Nunes, L.T., Rodolfo Jr., A., Ormanji, W., "Tecnologia do PVC", *Brasken*, 2006.

Onuki, J., Teixeira, P.C., Medeiros, M.H.G., DiMascio, P., "Danos ao DNA promovidos por ácido 5-aminolevulínico: possível associação com o

desenvolvimento de carcinoma hepatocelular em portadores de profiria aguda intermitente”, *Química Nova*, 2002, 25, 4, p660.

Ozcan, M.M., Tzakou, O., Couladis, M., “Essential oil composition of the turpentine tree (*Pistaciaterebinthus* L.) fruits growing wild in Turkey”, *Food Chemistry*, 2009, 114, p282.

Plank, C., Lorbeer, E., “Simultaneous determination of glycerol, and mono-, di- and triglycerides in vegetable oil methyl esters by capillary gas chromatography”; *Journal of Chromatography A*, 1995, 697, p461.

Pokoo-Aikins, G., Heath, A., Mentzer, R.A., Mannan, M.S., Rogers, W.J., El-Halwagi, M.M., “A multi-criteria approach to screening alternatives for converting sewage sludge to biodiesel”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2010, 23, p412.

[portaldoagronegocio.com.br](http://portaldoagronegocio.com.br) acesso em: abril de 2012.

Pourbafrani, M., Forgacs, G., Horvath, I.S., Niklasson, C., Taherzadeh, M.J., “Production of biofuels, limonene and pectin from citrus waste”, *Bioresource Technology*, 2010, 101, p4246.

[priberam.pr](http://priberam.pr) acesso em: abril de 2012

Ramos, M. J., Fernandez, C. M., Casas, A., Rodrigues, L., Perez. Á., “Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties”, *Bioresource Technology*, 2009, 100, p261.

Schneider, D., “Biofuel’s water problem”, *IEEE Spectrum*, 2010, 6, p50.

Sharid, E.M., Jamal, Y., “A review of Biodiesel as vehicular fuel Renewable and sustainable”, *Energy Reviews*, 2008, 12, p2484.

[sigma-aldrich.com](http://sigma-aldrich.com) acesso em: outubro de 2011.

Silva Filho, J.B., “Produção de biodiesel etílico de óleo e gordura residual (OGR) em reator químico de baixo custo”, *Dissertação de Mestrado*, Orientadora Profa. Dra. Livia Mari Assis- Fevereiro 2010.

Silveira, E.L.C., Caland, L.B.; Tubino, M., “Molecular absorption spectrophotometric method for the determination of phosphorous in biodiesel”, *Fuel*, 2011, 6, p20.

Somerville, C., “Biofuels”, *Current Biology*, 2007, 17, 4, p115.

Souza, J.S.I., Peixoto, A.M., Toledo, F.F., “Enciclopédia agrícola brasileira S-Z”, *EDUSP*, São Paulo, 1995.

Sovova H., Stateva, R.P., Galushko, A.A., "Essential oil from seeds: solubility of limonene in supercritical CO<sub>2</sub> and how it is affected by fatty oil", *Journal of Supercritical Fluids*, 2001, 20, p113.

Tawfik, M.S., Devlieghere, F., Huyghbaert, A., "Influence of d-limonene absorption on the physical properties of refillable PET", *Food Chemistry*, 1998, 61, 1/2, p157

[tistr.or.th](http://tistr.or.th) acesso em: abril de 2012.

Townsend, B.J., Llewellyn, D.J., "Reduced terpene levels in cottonseed add food to fiber", *Trends in Biotechnology*, 2007, 25, p6.

Trytek, M., Fiedurek, J., Radzki, S., "A novel porphyrin-based photocatalytic for terpenoids production from (R)-(+)-Limonene", *Biotechnology Progress*, 2007, 23, p131.

Tundo, P., Anastas, P., Black, D. S., Breen, J., Collins, T., Memoli, S., Miyamoto, J., Polyakoff, M., Tumas, W., "Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview"; *Pure and Applied Chemistry*, 2000, 72, 7, p1207.

Urrutigoity, M., Cabaret, O.D., Vical, F.B., "Modifications of the chemical structure of terpenes in antiplasmodial and antifungal drug research", *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2007, 17, p6075.

Viegas Jr., C., "Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos", *Química Nova*, 2003, 26, 3, p90.

Warner J.C., Cannon, A.S., Dye, K.M., "Green Chemistry", *Environmental Impact Assessment Review*, 2004, 24, p775.

Yang, G., Liu, Y., Zhou, Z., Zhang, Z., "Kinetic study of the direct hydration of turpentine", *Chemical Engineering Journal*, 2011, 168, p351.

Zhang, R., Tie, X., Bond, D.W., "Impacts of anthropogenic and natural NO<sub>x</sub> sources over the US. On tropospheric chemistry", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, 100, p1505.

Zhao, J., Zhang, R., "Theoretical investigation of atmosphere oxidation of biogenic hydrocarbons: A critical review", *Advances in Quantum Chemistry*, 2008, 55.

## **8. APÊNDICES**

## 8.1. APÊNDICE 1: CROMATOGRAFIA REALIZADA PELO IPT

### RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 1 008 066-203

**CLIENTE:** Matthieu Tubino

UNICAMP-Inst. de Química Laboratório I-25, CXP 6154 - Cid. Universitária  
13083-970 - Campinas - SP

**NATUREZA DO TRABALHO:** Composição química em ésteres

**REFERÊNCIA:** E-mail de 22.02.2010

Orçamento CMQ/LAQ Nº 768/10 de 23.02.2010

Aprovação do orçamento recebida em 24.02.2010

### 1 MATERIAIS

Foram fornecidos pelo cliente em 24.02.2010 cinco materiais líquidos, acondicionados em frasco de vidro com cerca de 150 mL cada. A indicação, o aspecto e a identificação de cada material estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1- Indicação, identificação no laboratório e aspecto**

Indicação	LAQ	Aspecto
Biodiesel de Banha Suína	1051-10	Turvo com duas fases, amarelado
Biodiesel de Soja	1052-10	Límpido amarelado
Biodiesel de Canola	1053-10	Límpido amarelado
Biodiesel de Girassol	1054-10	Límpido amarelado
Biodiesel de Milho	1055-10	Límpido amarelado

### 2 MÉTODOS UTILIZADOS

**2.1** Análise qualitativa de compostos orgânicos por cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massas (Procedimento CMQ-LAQ-PE-QO-003).

**2.2** Determinação do teor de ésteres metílicos em biodiesel (Procedimento CMQ-LAQ-PE-QO-028).

Equipamentos utilizados:

- Cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas (GCMS-QP2010), marca Shimadzu, modelo GCMS-QP2010.
- Cromatógrafo a gás (Trace GC 2000), marca Thermo Quest, modelo Trace GC 2000.
- Balança analítica (AUW-220D), marca Shimadzu, modelo AUW-220D. Calibração bianual – Validade: Novembro/2011.

Os resultados apresentados neste documento se aplicam somente ao item ensaiado ou calibrado.  
Este documento não dá direito ao uso do nome ou da marca IPT, para quaisquer fins, sob pena de indenização.  
A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

Av. prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária  
São Paulo | SP | CEP 05508-901  
-Tel 11 3767 4000 | Fax 11 3767 4002 | ipt@ipt.br

www.ipt.br

### 3 RESULTADOS

Os resultados analíticos constam da Tabela 2.

**Tabela 2 – Resultados analíticos**

Composição	Biodiesel				
	Banha Suína	Soja	Canola	Girassol	Milho
Miristato de metila (C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub> ) 14,0	1,10 ± 0,01	ND	ND	ND	ND
Palmitato de metila (C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> ) 16,0	19,9 ± 0,1	10,0 ± 0,1	4,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	11,3 ± 0,1
Palmitoleato de metila (C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> ) 16,1	1,9 ± 0,1	ND	0,20 ± 0,02	ND	0,16 ± 0,01
Estearato de metila (C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub> ) 18,0	9,8 ± 0,2	2,8 ± 0,1	2,00 ± 0,03	3,2 ± 0,1	1,90 ± 0,03
Oleato de metila (C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub> ) 18,1	36,1 ± 0,5	23,1 ± 0,6	57,9 ± 0,9	24,3 ± 0,3	31,5 ± 0,1
Linoleato de metila (C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> ) 18,2	13,2 ± 0,2	49,3 ± 0,9	17,8 ± 0,3	58,8 ± 0,8	43,2 ± 0,2
Linolenato de metila (C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> ) 18,3	0,50 ± 0,02	5,2 ± 0,1	5,7 ± 0,1	0,40 ± 0,05	0,8 ± 0,1
Eicósanoato de metila (C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub> ) 20,0	0,20 ± 0,07	0,30 ± 0,02	0,55 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,50 ± 0,07
Eicosenoato de metila (C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub> ) 20,1	0,70 ± 0,05	ND	0,9 ± 0,02	ND	0,30 ± 0,08

**Notas:** 1) ND - Não detectado

2) Os resultados indicam intervalo com 95% de confiança para média de três repetições.

3) A determinação do número de cetano dos materiais está apresentada no Relatório Técnico N° 116 249-205, anexo.

### 4 ANEXO

Anexo A – Relatório Técnico N° 116 249-205..... 4 págs.

### 5 EQUIPE TÉCNICA

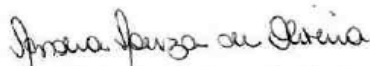
Quím. Maria de Fátima P. S. Mota

Técnica Thaís Santos Silva

Técnico João Paulo A. de Lacerda

São Paulo, 07 de abril de 2010.

CENTRO DE METROLOGIA EM QUÍMICA  
 Laboratório de Análises Químicas



Eng. Quím. Sandra Souza de Oliveira  
 Supervisora do Ensaio  
 CRQ n° 04300204 – RE n° 8620

CENTRO DE METROLOGIA EM QUÍMICA  
 Laboratório de Análises Químicas

  
 Eng. Quím. Miguel Papai Jr.  
 Responsável pelo Laboratório  
 CRQ n° 4307892 – RE n° 8584

Os resultados apresentados neste documento se aplicam somente ao item ensaiado ou calibrado.  
 Este documento não dá direito ao uso do nome ou da marca IPT, para quaisquer fins, sob pena de indenização.  
 A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

## 8.2. APÊNDICE 2: PONTO DE ENTUPIMENTO DO BIODIESEL, B100, ISENTO E COM DIFERENTES COMPOSTOS ADITIVOS.

**Tabela 14:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de soja (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de soja	Puro	0	7,0	6,0	6,0	6,3	0,6	**
	Limoneno	1	4,0	3,0	4,0	3,7	0,6	8,0
		3	1,0	2,0	2,0	1,7	0,6	7,0
		5	1,0	2,0	1,0	1,3	0,6	8,7
		7	0,0	0,0	1,0	0,3	0,6	10,4
		9	-1,0	-1,0	0,0	-0,7	0,6	12,1
	X1200	1	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	10,0
		3	1,0	1,0	0,0	0,7	0,6	17,0
		5	-2,0	-2,0	-1,0	-1,7	0,6	13,9
		7	-3,0	-3,0	-2,0	-2,7	0,6	15,6
		9	-4,0	-5,0	-3,0	-4,0	1,0	15,5
	Terebentina	1	4,0	5,0	3,0	4,0	1,0	3,5
		3	0,0	1,0	1,0	0,7	0,6	8,5
		5	0,0	-1,0	0,0	-0,3	0,6	20,0
		7	-2,0	-1,0	-1,0	-1,3	0,6	11,5
		9	-2,0	-2,0	-3,0	-2,3	0,6	26,0
	Canfora	1	5,0	6,0	4,0	5,0	1,0	2,0
		3	3,0	4,0	4,0	3,7	0,6	4,0
		5	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0	10,0
		7	2,0	2,0	3,0	2,3	0,6	6,9
		9	1,0	2,0	1,0	1,3	0,6	8,7

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.



**Tabela 15:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de milho (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de milho	Puro	0	12,0	11,0	11,0	11,3	0,6	**
	Limoneno	1	9,0	9,0	9,0	9,0	0,0	7,0
		3	7,0	7,0	8,0	7,3	0,6	6,9
		5	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	10,4
		7	4,0	5,0	4,0	4,3	0,6	12,1
		9	4,0	4,0	3,0	3,7	0,6	23,0
	X1200	1	7,0	7,0	7,0	7,0	0,0	13,0
		3	5,0	5,0	6,0	5,3	0,6	10,4
		5	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	10,0
		7	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	22,0
		9	4,0	4,0	3,0	3,7	0,6	23,0
	Terebentina	1	8,0	8,0	8,0	8,0	0,0	10,0
		3	7,0	6,0	7,0	6,7	0,6	14,0
		5	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	19,0
		7	4,0	4,0	3,0	3,7	0,6	23,0
		9	2,0	2,0	3,0	2,3	0,6	15,6
	Canfora	1	8,0	7,0	8,0	7,7	0,6	11,0
		3	7,0	7,0	8,0	7,3	0,6	6,9
		5	7,0	6,0	7,0	6,7	0,6	14,0
		7	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0	16,0
		9	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	10,4

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 16:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de canola (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de canola	Puro	0	2,0	3,0	4,0	3,0	1,0	**
	Limoneno	1	-1,0	-2,0	-2,0	-1,7	0,6	16,0
		3	-3,0	-2,0	-3,0	-2,7	0,6	8,5
		5	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	0,0	10,4
		7	-4,0	-3,0	-3,0	-3,3	0,6	19,0
		9	-4,0	-3,0	-4,0	-3,7	0,6	10,0
	X1200	1	-2,0	-2,0	-3,0	-2,3	0,6	6,0
		3	-4,0	-3,0	-3,0	-3,3	0,6	19,0
		5	-4,0	-4,0	-3,0	-3,7	0,6	20,0
		7	-4,0	-5,0	-4,0	-4,3	0,6	11,0
		9	-4,0	-4,0	-5,0	-4,3	0,6	8,3
	Terebentina	1	-1,0	-2,0	-3,0	-2,0	1,0	4,3
		3	-3,0	-4,0	-4,0	-3,7	0,6	7,6
		5	-4,0	-4,0	-3,0	-3,7	0,6	20,0
		7	-3,0	-4,0	-4,0	-3,7	0,6	7,6
		9	-4,0	-4,0	-3,0	-3,7	0,6	20,0
	Canfora	1	-3,0	-2,0	-2,0	-2,3	0,6	16,0
		3	-4,0	-3,0	-3,0	-3,3	0,6	19,0
		5	-3,0	-4,0	-3,0	-3,3	0,6	9,5
		7	-4,0	-4,0	-3,0	-3,7	0,6	20,0
		9	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0	0,0	12,1

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 17:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de óleo de girassol (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de girassol	Puro	0	9,0	9,0	8,0	8,7	0,6	**
	Limoneno	1	7,0	6,0	5,0	6,0	1,0	8,0
		3	0,0	0,0	1,0	0,3	0,6	12,5
		5	-1,0	-2,0	-1,0	-1,3	0,6	17,3
		7	-2,0	-1,0	-2,0	-1,7	0,6	31,0
		9	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	0,0	35,0
	X1200	1	6,0	8,0	7,0	7,0	1,0	2,5
		3	0,0	0,0	1,0	0,3	0,6	12,5
		5	-1,0	0,0	0,0	-0,3	0,6	15,6
		7	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	29,0
		9	-1,0	-2,0	-2,0	-1,7	0,6	31,0
	Terebentina	1	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0	8,0
		3	0,0	-1,0	0,0	-0,3	0,6	15,6
		5	-2,0	-3,0	-1,0	-2,0	1,0	12,1
		7	-3,0	-2,0	-2,0	-2,3	0,6	19,1
		9	-4,0	-3,0	-2,0	-3,0	1,0	13,2
	Canfora	1	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	5,2
		3	2,0	3,0	4,0	3,0	1,0	6,4
		5	3,0	3,0	2,0	2,7	0,6	10,4
		7	2,0	1,0	2,0	1,7	0,6	12,1
		9	1,0	1,0	2,0	1,3	0,6	11,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 18:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para o biodiesel de gordura suína (B100) puro, aditivado com diferentes aditivos, e em diferentes concentrações.

Material (is)	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de gordura suína	Puro	0	21,0	22,0	20,0	21,0	1,0	**
	Limoneno	1	20,0	19,0	19,0	19,3	0,6	2,5
		3	16,0	17,0	15,0	16,0	1,0	8,7
		5	14,0	15,0	15,0	14,7	0,6	9,5
		7	13,0	12,0	13,0	12,7	0,6	9,4
		9	12,0	12,0	13,0	12,3	0,6	9,8
	X1200	1	20,0	20,0	19,0	19,7	0,6	4,0
		3	15,0	16,0	16,0	15,7	0,6	8,0
		5	15,0	15,0	14,0	14,7	0,6	19,0
		7	14,0	15,0	13,0	14,0	1,0	12,1
		9	12,0	14,0	13,0	13,0	1,0	13,9
	Terebentina	1	16,0	15,0	17,0	16,0	1,0	4,3
		3	14,0	14,0	13,0	13,7	0,6	22,0
		5	13,0	12,0	13,0	12,7	0,6	9,4
		7	11,0	11,0	12,0	11,3	0,6	11,0
		9	11,0	12,0	12,0	11,7	0,6	14,0
	Canfora	1	15,0	13,0	14,0	14,0	1,0	7,0
		3	14,0	14,0	13,0	13,7	0,6	22,0
		5	13,0	14,0	14,0	13,7	0,6	11,0
		7	13,0	13,0	14,0	13,3	0,6	23,0
		9	13,0	14,0	13,0	13,3	0,6	23,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

### 8.3. APÊNDICE 3: PONTO DE ENTUPIMENTO PARA O DIESEL E AS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL, BX, COM DIFERENTES ADITIVOS.

**Tabela 19:** Resultado do ponto de entupimento a frio obtido para o diesel puro e isento de aditivos ou biodiesel.

Mistura	% (v/v) diesel	% (v/v) biodiesel mistura	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão
B0	100	0	0	6,0	4,0	5,0	5,0	1,0

**Tabela 20:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com cânfora em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Cânfora	0,2	6,0	4,0	5,0	5,0	1,0	0,0
	9		0,45	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Cânfora	0,4	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
	9		0,9	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	2,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Cânfora	0,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		1,8	5,0	4,0	4,0	4,3	0,6	1,7

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 21:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com limoneno em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Tem p. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Limoneno	0,2	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	1,0
	9		0,45	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Limoneno	0,4	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
	9		0,9	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	1,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Limoneno	0,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		1,8	4,0	5,0	4,0	4,3	0,6	1,7

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 22:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com terebentina em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Terebentina	0,2	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	1,0
	9		0,45	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Terebentina	0,4	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		0,9	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Terebentina	0,8	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	2,0
	9		1,8	5,0	5,0	6,0	5,3	0,6	0,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 23:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com X1200 em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	X1200	0,2	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
	9		0,45	4,0	4,0	5,0	4,3	0,6	2,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	X1200	0,4	5,0	5,0	6,0	5,3	0,6	1,0
	9		0,9	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	1,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	**
	4	X1200	0,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		1,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 24:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com cânfora em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,2	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	7,0
	9		0,45	5,0	4,0	4,0	4,3	0,6	4,0
B10	0	Nenhum	0	13,0	12,0	13,0	12,7	0,6	**
	4	Cânfora	0,4	9,0	10,0	9,0	9,3	0,6	5,0
	9		0,9	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	11,0
B20	0	Nenhum	0	20,0	21,0	20,0	20,3	0,6	**
	4	Cânfora	0,8	16,0	15,0	14,0	15,0	1,0	8,0
	9		1,8	8,0	7,0	6,0	7,0	1,0	20,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 25:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com limoneno em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,2	5,0	6,0	6,0	5,7	0,6	2,0
	9		0,45	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	5,0
B10	0	Nenhum	0	13,0	12,0	13,0	12,7	0,6	**
	4	Limoneno	0,4	11,0	10,0	12,0	11,0	1,0	5,0
	9		0,9	11,0	10,0	10,0	10,3	0,6	7,0
B20	0	Nenhum	0	20,0	21,0	20,0	20,3	0,6	**
	4	Limoneno	0,8	15,0	16,0	16,0	15,7	0,6	14,0
	9		1,8	14,0	15,0	13,0	14,0	1,0	19,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 26:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com terebentina em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,2	8,0	9,0	9,0	8,7	0,6	2,5
	9		0,45	5,0	5,0	6,0	5,3	0,6	2,0
B10	0	Nenhum	0	13,0	12,0	13,0	12,7	0,6	**
	4	Terebentina	0,4	11,0	12,0	12,0	11,7	0,6	1,7
	9		0,9	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	23,0
B20	0	Nenhum	0	20,0	21,0	20,0	20,3	0,6	**
	4	Terebentina	0,8	16,0	15,0	16,0	15,7	0,6	14,0
	9		1,8	7,0	7,0	6,0	6,7	0,6	41,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.



**Tabela 27:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com X1200 em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	X1200	0,2	6,0	7,0	6,0	6,3	0,6	2,0
	9		0,45	7,0	7,0	7,0	7,0	0,0	0,0
B10	0	Nenhum	0	13,0	12,0	13,0	12,7	0,6	**
	4	X1200	0,4	14,0	13,0	13,0	13,3	0,6	2,0
	9		0,9	9,0	8,0	9,0	8,7	0,6	6,9
B20	0	Nenhum	0	20,0	21,0	20,0	20,3	0,6	**
	4	X1200	0,8	16,0	15,0	16,0	15,7	0,6	14,0
	9		1,8	10,0	11,0	11,0	10,7	0,6	29,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 28:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com cânfora em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Cânfora	0,2	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0
	9		0,45	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	1,0
B10	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Cânfora	0,4	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		0,9	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	**
	4	Cânfora	0,8	4,0	4,0	5,0	4,3	0,6	4,0
	9		1,8	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	5,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 29:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com limoneno em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Limoneno	0,2	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0
	9		0,45	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
B10	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Limoneno	0,4	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		0,9	5,0	4,0	4,0	4,3	0,6	2,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	**
	4	Limoneno	0,8	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		1,8	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	5,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 30:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com terebentina em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Terebentina	0,2	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	1,0
	9		0,45	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	1,0
B10	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Terebentina	0,4	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		0,9	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	1,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	**
	4	Terebentina	0,8	4,0	5,0	4,0	4,3	0,6	4,0
	9		1,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	2,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 31:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivado com X1200 em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	X1200	0,2	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0
	9		0,45	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
B10	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	X1200	0,4	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		0,9	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	1,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	***
	4	X1200	0,8	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	2,0
	9		1,8	4,0	5,0	4,0	4,3	0,6	4,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 32:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com cânfora em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Cânfora	0,2	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	0,0
	9		0,45	5,0	4,0	4,0	4,3	0,6	1,7
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Cânfora	0,4	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		0,9	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	2,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	**
	4	Cânfora	0,8	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	0,0
	9		1,8	5,0	5,0	6,0	5,3	0,6	1,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 33:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com limoneno em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Limoneno	0,2	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	0,0
	9		0,45	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	1,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Limoneno	0,4	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	0,0
	9		0,9	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	**
	4	Limoneno	0,8	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	0,0
	9		1,8	5,0	5,0	6,0	5,3	0,6	1,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 34:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com terebentina em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel I	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Terebentina	0,2	5,0	4,0	4,0	4,3	0,6	2,0
	9		0,45	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	1,7
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Terebentina	0,4	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		0,9	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	0,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	**
	4	Terebentina	0,8	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	0,0
	9		1,8	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	0,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 35:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivado com X1200 em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	X1200	0,2	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		0,45	4,0	4,0	5,0	4,3	0,6	2,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	X1200	0,4	4,0	5,0	4,0	4,3	0,6	2,0
	9		0,9	6,0	5,0	5,0	5,3	0,6	0,0
B20	0	Nenhum	0	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	**
	4	X1200	0,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		1,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 36:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com cânfora em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	**
	4	Cânfora	0,2	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	0,0
	9		0,45	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	0,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Cânfora	0,4	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		0,9	5,0	4,0	4,0	4,3	0,6	1,7
B20	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Cânfora	0,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0
	9		1,8	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	1,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 37:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com limoneno em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	**
	4	Limoneno	0,2	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
	9		0,45	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Limoneno	0,4	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		0,9	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	1,0
B20	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Limoneno	0,8	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	1,0
	9		1,8	4,0	5,0	5,0	4,7	0,6	1,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 38:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com terebentina em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	**
	4	Terebentina	0,2	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		0,45	4,0	5,0	4,0	4,3	0,6	2,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	Terebentina	0,4	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	0,0
	9		0,9	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
B20	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	Terebentina	0,8	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	2,0
	9		1,8	5,0	4,0	4,0	4,3	0,6	2,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 39:** Resultados dos pontos de entupimentos a frio para a mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivado com X1200 em diferentes concentrações.

Mistura	% (v/v) aditivo biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo mistura	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	4,0	5,0	4,7	0,6	**
	4	X1200	0,2	5,0	5,0	4,0	4,7	0,6	0,0
	9		0,45	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
B10	0	Nenhum	0	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	**
	4	X1200	0,4	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	1,0
	9		0,9	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	0,0
B20	0	Nenhum	0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	**
	4	X1200	0,8	5,0	6,0	5,0	5,3	0,6	1,0
	9		1,8	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

## 8.4. APÊNDICE 4: ABSORBÂNCIAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA PARA BIODIESEL, B100.

*Tabela 40: Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel puro, de diferentes origens, em função da temperatura.*

Material	Origem	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel	Óleo de Canola	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
		10	0,005	0,007	0,007	0,006	0,001
		5	0,011	0,012	0,014	0,012	0,002
		2,5	0,132	0,145	0,142	0,140	0,007
	Óleo de Milho	15	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
		10	0,005	0,007	0,008	0,007	0,002
		5	0,089	0,078	0,096	0,088	0,009
		2,5	0,135	0,143	0,156	0,15	0,01
	Óleo de Girassol	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
		10	0,002	0,004	0,004	0,003	0,001
		5	0,003	0,005	0,005	0,004	0,001
		2,5	0,224	0,218	0,222	0,221	0,003
	Óleo de Soja	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
		10	0,028	0,028	0,029	0,028	0,001
		5	0,084	0,076	0,081	0,080	0,004
		2,5	0,343	0,291	0,318	0,32	0,03
	Gordura Suína	30	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
		25	0,012	0,009	0,009	0,010	0,002
		20	0,017	0,014	0,014	0,015	0,002
		15	0,298	0,271	0,277	0,28	0,01
10		0,598	0,565	0,523	0,56	0,04	



**Tabela 41:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de gordura suína	Limoneno	1	30	0,007	0,003	0,006	0,005	0,002
			25	0,006	0,002	0,005	0,004	0,002
			20	0,009	0,003	0,007	0,006	0,003
			15	0,352	0,354	0,397	0,37	0,03
			10	0,825	0,756	0,798	0,79	0,04
		3	30	0,003	0,002	0,005	0,003	0,001
			25	0,004	0,002	0,005	0,004	0,002
			20	0,006	0,002	0,006	0,005	0,002
			15	0,556	0,494	0,527	0,53	0,03
			10	0,921	0,865	0,845	0,88	0,04
		5	30	0,004	0,003	0,004	0,004	0,001
			25	0,003	0,007	0,005	0,005	0,002
			20	0,017	0,022	0,025	0,021	0,004
			15	0,548	0,489	0,541	0,53	0,03
			10	0,925	0,987	0,856	0,92	0,07
		7	30	0,003	0,004	0,005	0,004	0,001
			25	0,004	0,006	0,006	0,005	0,001
			20	0,004	0,006	0,006	0,005	0,001
			15	0,038	0,04	0,033	0,037	0,004
			10	0,145	0,123	0,111	0,13	0,02
		9	30	0,004	0,004	0,002	0,003	0,001
			25	0,005	0,006	0,004	0,005	0,001
			20	0,006	0,007	0,005	0,006	0,001
			15	0,007	0,006	0,005	0,006	0,001
			10	0,090	0,085	0,079	0,085	0,006

**Tabela 42:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de gordura suína	Cânfora	1	30	0,002	0,003	0,005	0,003	0,002
			25	0,004	0,004	0,007	0,005	0,001
			20	0,008	0,007	0,010	0,008	0,002
			15	0,008	0,01	0,009	0,009	0,001
			10	0,199	0,179	0,195	0,19	0,01
		3	30	0,002	0,003	0,006	0,004	0,002
			25	0,002	0,004	0,006	0,004	0,002
			20	0,009	0,001	0,008	0,006	0,004
			15	0,006	0,011	0,012	0,010	0,003
			10	0,266	0,222	0,234	0,24	0,02
		5	30	0,003	0,004	0,002	0,003	0,001
			25	0,003	0,005	0,003	0,004	0,001
			20	0,009	0,005	0,006	0,007	0,002
			15	0,011	0,007	0,008	0,009	0,002
			10	0,175	0,149	0,156	0,16	0,01
		7	30	0,003	0,007	0,005	0,005	0,002
			25	0,004	0,008	0,006	0,006	0,002
			20	0,004	0,008	0,006	0,006	0,002
			15	0,011	0,003	0,007	0,007	0,004
			10	0,084	0,111	0,102	0,10	0,01
9	30	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000		
	25	0,004	0,002	0,003	0,003	0,001		
	20	0,008	0,004	0,006	0,006	0,002		
	15	0,005	0,004	0,004	0,004	0,001		
	10	0,065	0,088	0,082	0,08	0,01		

**Tabela 43:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de gordura suína	X1200	1	30	0,003	0,004	0,003	0,003	0,001
			25	0,004	0,005	0,004	0,004	0,001
			20	0,022	0,016	0,013	0,017	0,005
			15	0,165	0,148	0,143	0,15	0,01
			10	0,356	0,335	0,302	0,33	0,03
		3	30	0,010	0,013	0,003	0,009	0,005
			25	0,01	0,014	0,003	0,009	0,006
			20	0,013	0,015	0,005	0,011	0,005
			15	0,028	0,022	0,019	0,023	0,005
			10	0,189	0,199	0,222	0,20	0,02
		5	30	0,002	0,004	0,003	0,003	0,001
			25	0,003	0,005	0,004	0,004	0,001
			20	0,003	0,007	0,005	0,005	0,002
			15	0,006	0,01	0,008	0,008	0,002
			10	0,185	0,17	0,168	0,174	0,009
		7	30	0,002	0,003	0,004	0,003	0,001
			25	0,003	0,001	0,004	0,003	0,002
			20	0,003	0,001	0,004	0,003	0,002
			15	0,005	0,009	0,009	0,008	0,002
			10	0,098	0,088	0,097	0,094	0,006
		9	30	0,002	0,008	0,002	0,004	0,004
			25	0,016	0,008	0,008	0,011	0,005
			20	0,008	0,013	0,007	0,009	0,003
			15	0,012	0,017	0,011	0,013	0,003
			10	0,092	0,078	0,088	0,086	0,007

**Tabela 44:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de gordura suína aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de gordura suína	Terebentina	1	30	0,003	0,005	0,003	0,004	0,001
			25	0,011	0,01	0,009	0,010	0,001
			20	0,031	0,04	0,027	0,033	0,007
			15	0,941	0,891	0,985	0,94	0,05
			10	1,020	0,980	0,978	0,99	0,02
		3	30	0,002	0,003	0,004	0,003	0,001
			25	0,002	0,003	0,004	0,003	0,001
			20	0,006	0,013	0,011	0,010	0,004
			15	0,185	0,221	0,234	0,21	0,03
			10	0,458	0,478	0,425	0,45	0,03
		5	30	0,004	0,005	0,003	0,004	0,001
			25	0,005	0,005	0,003	0,004	0,001
			20	0,006	0,003	0,003	0,004	0,002
			15	0,005	0,003	0,001	0,003	0,002
			10	0,199	0,178	0,188	0,19	0,01
		7	30	0,008	0,007	0,008	0,008	0,000
			25	0,01	0,007	0,009	0,009	0,002
			20	0,01	0,007	0,009	0,009	0,002
			15	0,003	0,003	0,002	0,003	0,001
			10	0,098	0,078	0,085	0,09	0,01
		9	30	0,002	0,006	0,003	0,004	0,002
			25	0,003	0,005	0,003	0,004	0,001
			20	0,003	0,003	0,002	0,003	0,001
			15	0,008	0,011	0,015	0,011	0,004
			10	0,078	0,084	0,089	0,084	0,006

**Tabela 45:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de soja	Limoneno	1	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,013	0,012	0,013	0,013	0,001
			5	0,033	0,037	0,0315	0,034	0,003
			2,5	0,234	0,256	0,238	0,24	0,01
		3	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,053	0,05	0,0525	0,052	0,002
			5	0,106	0,122	0,108	0,112	0,009
			2,5	0,457	0,484	0,4465	0,46	0,02
		5	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,041	0,035	0,039	0,038	0,003
			5	0,135	0,165	0,148	0,15	0,02
			2,5	0,381	0,431	0,42	0,41	0,03
		7	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,153	0,149	0,137	0,146	0,008
			5	0,237	0,273	0,2475	0,25	0,02
			2,5	0,481	0,508	0,5455	0,51	0,03
		9	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,049	0,048	0,0395	0,046	0,005
			5	0,135	0,13	0,149	0,14	0,01
			2,5	0,362	0,318	0,341	0,34	0,02

**Tabela 46:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de soja	Cânfora	1	15	0,002	0,002	0,004	0,003	0,001
			10	0,052	0,056	0,056	0,055	0,002
			5	0,111	0,121	0,125	0,119	0,007
			2,5	0,358	0,389	0,354	0,37	0,02
		3	15	0,002	0,002	0,004	0,003	0,001
			10	0,062	0,052	0,066	0,060	0,007
			5	0,174	0,184	0,181	0,180	0,005
			2,5	0,392	0,380	0,388	0,387	0,006
		5	15	0,002	0,002	0,004	0,003	0,001
			10	0,033	0,026	0,029	0,029	0,004
			5	0,120	0,133	0,119	0,124	0,008
			2,5	0,160	0,158	0,158	0,159	0,001
		7	15	0,002	0,002	0,004	0,003	0,001
			10	0,017	0,018	0,015	0,017	0,002
			5	0,157	0,168	0,142	0,16	0,01
			2,5	0,221	0,244	0,257	0,24	0,02
		9	15	0,002	0,002	0,004	0,003	0,001
			10	0,023	0,020	0,021	0,021	0,002
			5	0,135	0,157	0,148	0,15	0,01
			2,5	0,198	0,173	0,188	0,19	0,01

**Tabela 47:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de soja	X1200	1	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,048	0,037	0,042	0,042	0,006
			5	0,258	0,224	0,226	0,24	0,02
			2,5	0,407	0,441	0,408	0,42	0,02
		3	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,026	0,029	0,027	0,027	0,002
			5	0,146	0,135	0,139	0,140	0,006
			2,5	0,192	0,165	0,181	0,18	0,01
		5	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,036	0,034	0,028	0,033	0,004
			5	0,092	0,097	0,100	0,096	0,004
			2,5	0,17	0,191	0,185	0,18	0,01
		7	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,023	0,019	0,019	0,020	0,002
			5	0,023	0,019	0,019	0,020	0,002
			2,5	0,087	0,093	0,089	0,090	0,003
		9	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,014	0,01	0,009	0,011	0,003
			5	0,045	0,051	0,045	0,047	0,003
			2,5	0,065	0,056	0,055	0,059	0,006

**Tabela 48:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de soja aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de soja	Terebentina	1	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,059	0,068	0,06	0,062	0,005
			5	0,127	0,141	0,129	0,132	0,008
			2,5	0,43	0,446	0,439	0,438	0,008
		3	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,033	0,036	0,036	0,035	0,002
			5	0,171	0,157	0,165	0,164	0,007
			2,5	0,585	0,535	0,59	0,57	0,03
		5	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,013	0,016	0,016	0,015	0,002
			5	0,083	0,09	0,088	0,087	0,004
			2,5	0,235	0,221	0,227	0,228	0,007
		7	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,011	0,009	0,011	0,010	0,001
			5	0,011	0,009	0,011	0,010	0,001
			2,5	0,168	0,148	0,159	0,16	0,01
		9	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,01	0,006	0,009	0,008	0,002
			5	0,038	0,044	0,042	0,041	0,003
			2,5	0,158	0,143	0,139	0,15	0,01



**Tabela 49:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de girassol	Limoneno	1	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,003	0,003	0,004	0,003	0,001
			5	0,043	0,048	0,045	0,045	0,003
			2,5	0,395	0,348	0,373	0,37	0,02
		3	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,003	0,001	0,003	0,002	0,001
			5	0,027	0,033	0,031	0,030	0,003
			2,5	0,34	0,349	0,346	0,345	0,005
		5	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001
			5	0,018	0,021	0,017	0,019	0,002
			2,5	0,254	0,268	0,291	0,27	0,02
		7	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001
			5	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001
			2,5	0,088	0,031	0,065	0,06	0,03
		9	15	0,002	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,001	0,003	0,003	0,002	0,001
			5	0,019	0,022	0,017	0,019	0,003
			2,5	0,297	0,259	0,281	0,28	0,02

**Tabela 50:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de girassol	Cânfora	1	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,003	0,003	0,002	0,003	0,001
			5	0,004	0,003	0,005	0,004	0,001
			2,5	0,177	0,157	0,146	0,16	0,02
		3	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,003	0,004	0,002	0,003	0,001
			5	0,009	0,009	0,008	0,009	0,001
			2,5	0,145	0,134	0,129	0,136	0,008
		5	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,002	0,004	0,002	0,003	0,001
			5	0,005	0,008	0,005	0,006	0,002
			2,5	0,079	0,070	0,071	0,073	0,005
		7	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,003	0,006	0,003	0,004	0,002
			5	0,003	0,006	0,003	0,004	0,002
			2,5	0,036	0,035	0,032	0,034	0,002
		9	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,002	0,004	0,002	0,003	0,001
			5	0,003	0,006	0,003	0,004	0,002
			2,5	0,004	0,006	0,004	0,005	0,001

**Tabela 51:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de girassol	X1200	1	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,009	0,005	0,007	0,007	0,002
			5	0,023	0,028	0,026	0,026	0,003
			2,5	0,295	0,257	0,275	0,28	0,02
		3	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,004	0,005	0,004	0,004	0,001
			5	0,019	0,026	0,018	0,021	0,005
			2,5	0,236	0,238	0,269	0,25	0,02
		5	15	0,005	0,003	0,002	0,003	0,002
			10	0,006	0,007	0,005	0,006	0,001
			5	0,026	0,024	0,023	0,024	0,002
			2,5	0,478	0,442	0,459	0,46	0,02
		7	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,004	0,004	0,004	0,004	0,000
			5	0,021	0,023	0,027	0,024	0,003
			2,5	0,189	0,168	0,167	0,18	0,01
		9	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,002	0,007	0,005	0,005	0,003
			5	0,026	0,029	0,021	0,025	0,004
			2,5	0,146	0,133	0,140	0,14	0,007

**Tabela 52:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de girassol aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de girassol	Terebentina	1	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,003	0,004	0,005	0,004	0,001
			5	0,01	0,011	0,011	0,011	0,001
			2,5	0,321	0,306	0,292	0,31	0,02
		3	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,003	0,004	0,005	0,004	0,001
			5	0,013	0,013	0,014	0,013	0,000
			2,5	0,456	0,434	0,414	0,44	0,02
		5	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,003	0,004	0,005	0,004	0,001
			5	0,005	0,006	0,007	0,006	0,001
			2,5	0,305	0,288	0,273	0,29	0,02
		7	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001
			5	0,007	0,008	0,009	0,008	0,001
			2,5	0,148	0,142	0,136	0,142	0,006
		9	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,000	0,001	0,002	0,001	0,001
			5	0,006	0,007	0,008	0,007	0,001
			2,5	0,171	0,164	0,156	0,164	0,007

**Tabela 53:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de milho	Limoneno	1	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,012	0,014	0,013	0,013	0,001
			5	0,046	0,044	0,049	0,046	0,003
			2,5	0,246	0,247	0,264	0,25	0,01
		3	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,051	0,058	0,055	0,055	0,004
			5	0,197	0,177	0,197	0,19	0,01
			2,5	0,509	0,511	0,448	0,49	0,04
		5	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,014	0,014	0,014	0,014	0,000
			5	0,046	0,052	0,049	0,049	0,003
			2,5	0,137	0,149	0,143	0,143	0,006
		7	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,05	0,053	0,048	0,050	0,003
			5	0,207	0,183	0,198	0,20	0,01
			2,5	0,403	0,342	0,358	0,37	0,03
		9	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,011	0,007	0,012	0,010	0,003
			5	0,163	0,162	0,15	0,158	0,007
			2,5	0,375	0,347	0,369	0,36	0,02

**Tabela 54:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de milho	Cânfora	1	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,007	0,008	0,006	0,007	0,001
			5	0,025	0,028	0,024	0,026	0,002
			2,5	0,143	0,135	0,146	0,141	0,006
		3	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,002	0,004	0,003	0,003	0,001
			5	0,015	0,012	0,013	0,013	0,002
			2,5	0,142	0,153	0,128	0,14	0,01
		5	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,006	0,008	0,004	0,006	0,002
			5	0,011	0,009	0,01	0,010	0,001
			2,5	0,088	0,081	0,089	0,086	0,004
		7	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,003	0,006	0,003	0,004	0,002
			5	0,025	0,023	0,024	0,024	0,001
			2,5	0,063	0,071	0,068	0,067	0,004
		9	15	0,001	0,002	0,003	0,002	0,001
			10	0,007	0,007	0,009	0,008	0,001
			5	0,028	0,025	0,03	0,028	0,003
			2,5	0,053	0,059	0,052	0,055	0,004

**Tabela 55:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de milho	X1200	1	15	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001
			10	0,014	0,010	0,013	0,012	0,002
			5	0,025	0,028	0,028	0,027	0,002
			2,5	0,092	0,103	0,110	0,102	0,009
		3	15	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001
			10	0,014	0,014	0,017	0,015	0,002
			5	0,050	0,046	0,044	0,047	0,003
			2,5	0,105	0,113	0,126	0,115	0,01
		5	15	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001
			10	0,002	0,005	0,005	0,004	0,002
			5	0,054	0,061	0,057	0,057	0,004
			2,5	0,129	0,136	0,131	0,132	0,004
		7	15	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001
			10	0,012	0,008	0,010	0,010	0,002
			5	0,055	0,060	0,064	0,060	0,005
			2,5	0,157	0,175	0,153	0,16	0,01
		9	15	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001
			10	0,010	0,009	0,006	0,008	0,002
			5	0,076	0,080	0,066	0,074	0,007
			2,5	0,114	0,110	0,126	0,117	0,008

**Tabela 56:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de milho aditivado com terebentina, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de milho	Terebentina	1	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,015	0,010	0,011	0,012	0,003
			5	0,034	0,025	0,027	0,029	0,005
			2,5	0,137	0,159	0,141	0,15	0,01
		3	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,013	0,011	0,014	0,013	0,002
			5	0,030	0,029	0,026	0,028	0,002
			2,5	0,080	0,086	0,093	0,086	0,007
		5	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,014	0,010	0,012	0,012	0,002
			5	0,027	0,022	0,025	0,025	0,003
			2,5	0,061	0,066	0,069	0,065	0,004
		7	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,009	0,006	0,005	0,007	0,002
			5	0,018	0,017	0,014	0,016	0,002
			2,5	0,043	0,044	0,039	0,042	0,003
		9	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,012	0,012	0,011	0,012	0,001
			5	0,031	0,027	0,030	0,029	0,002
			2,5	0,049	0,057	0,048	0,051	0,005



**Tabela 57:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com limoneno, em diferentes concentrações e em função da temperatura,

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de canola	Limoneno	1	15	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
			10	0,005	0,005	0,009	0,006	0,002
			5	0,020	0,022	0,023	0,022	0,002
			2,5	0,074	0,072	0,079	0,075	0,004
		3	15	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
			10	0,004	0,005	0,006	0,005	0,001
			5	0,015	0,017	0,016	0,016	0,001
			2,5	0,065	0,053	0,062	0,060	0,006
		5	15	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
			10	0,004	0,005	0,005	0,005	0,001
			5	0,010	0,012	0,009	0,010	0,002
			2,5	0,037	0,034	0,041	0,037	0,004
		7	15	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
			10	0,005	0,006	0,008	0,006	0,002
			5	0,017	0,020	0,019	0,019	0,002
			2,5	0,043	0,050	0,045	0,046	0,004
		9	15	0,002	0,002	0,002	0,002	0,000
			10	0,004	0,005	0,007	0,005	0,002
			5	0,019	0,021	0,024	0,021	0,003
			2,5	0,048	0,047	0,044	0,046	0,002

**Tabela 58:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com cânfora, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de canola	Cânfora	1	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,005	0,007	0,003	0,005	0,002
			5	0,025	0,027	0,029	0,027	0,002
			2,5	0,046	0,041	0,044	0,044	0,003
		3	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,006	0,006	0,004	0,005	0,001
			5	0,019	0,015	0,016	0,017	0,002
			2,5	0,065	0,062	0,066	0,064	0,002
		5	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,004	0,006	0,006	0,005	0,001
			5	0,013	0,016	0,014	0,014	0,002
			2,5	0,052	0,054	0,051	0,052	0,002
		7	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,007	0,007	0,003	0,006	0,002
			5	0,024	0,022	0,019	0,022	0,003
			2,5	0,105	0,090	0,097	0,097	0,008
		9	15	0,002	0,003	0,001	0,002	0,001
			10	0,003	0,004	0,006	0,004	0,002
			5	0,015	0,013	0,017	0,015	0,002
			2,5	0,106	0,092	0,110	0,103	0,009

**Tabela 59:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com X1200, em diferentes concentrações e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de canola	X1200	1	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,004	0,005	0,002	0,004	0,002
			5	0,022	0,018	0,020	0,020	0,002
			2,5	0,153	0,138	0,145	0,145	0,008
		3	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,016	0,012	0,013	0,014	0,002
			5	0,073	0,081	0,079	0,078	0,004
			2,5	0,177	0,162	0,160	0,166	0,009
		5	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,012	0,010	0,009	0,010	0,002
			5	0,046	0,056	0,051	0,051	0,005
			2,5	0,113	0,135	0,116	0,12	0,01
		7	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,010	0,011	0,009	0,010	0,001
			5	0,058	0,066	0,054	0,059	0,006
			2,5	0,139	0,127	0,129	0,132	0,006
		9	15	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			10	0,009	0,009	0,009	0,009	0,000
			5	0,055	0,043	0,059	0,052	0,008
			2,5	0,109	0,116	0,111	0,112	0,004

**Tabela 60:** Resultados das absorvâncias obtidas, à 420 nm, para o biodiesel de óleo de canola aditivado com terebentina, em diferentes e em função da temperatura.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Biodiesel de óleo de canola	Terebentina	1	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,008	0,011	0,007	0,009	0,002
			5	0,043	0,053	0,054	0,050	0,006
			2,5	0,118	0,110	0,099	0,109	0,010
		3	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,005	0,007	0,005	0,006	0,001
			5	0,041	0,046	0,043	0,043	0,003
			2,5	0,115	0,111	0,097	0,108	0,009
		5	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,004	0,005	0,004	0,004	0,001
			5	0,012	0,010	0,008	0,010	0,002
			2,5	0,116	0,108	0,101	0,108	0,008
		7	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,006	0,008	0,006	0,007	0,001
			5	0,019	0,026	0,022	0,022	0,004
			2,5	0,115	0,116	0,102	0,111	0,008
		9	15	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			10	0,002	0,006	0,006	0,005	0,002
			5	0,050	0,055	0,053	0,053	0,003
			2,5	0,112	0,119	0,117	0,116	0,004

## 8.5. APÊNDICE 5: ABSORBÂNCIAS EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA PARA O DIESEL, E PARA AS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL, BX, COM DIFERENTES ADITIVOS.

*Tabela 61: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, obtidas para o diesel em função da temperatura.*

Material	Origem	Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
Diesel S1800	Petrobras	B0	Sem Aditivo	20	-0,002	-0,002	0,006	0	0,005
				15	0,004	0,007	0,008	0,007	0,002
				10	0,024	0,025	0,024	0,024	0,001
				5	0,040	0,042	0,040	0,040	0,001
				3	0,122	0,135	0,100	0,12	0,02

*Tabela 62: Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.*

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel na mistura	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	Sem Aditivo	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
			15	0,014	0,017	0,018	0,016	0,002
			10	0,049	0,044	0,043	0,045	0,003
			5	0,086	0,080	0,087	0,084	0,004
			3	0,217	0,232	0,233	0,227	0,009
B10	10		20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
			15	0,062	0,058	0,054	0,058	0,004
			10	0,105	0,097	0,112	0,105	0,008
			5	0,139	0,119	0,122	0,13	0,01
			3	0,319	0,314	0,333	0,32	0,01
B20	20		20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
			15	0,032	0,031	0,039	0,034	0,004
			10	0,065	0,078	0,086	0,08	0,01
			5	0,212	0,194	0,215	0,21	0,01
			3	0,402	0,319	0,342	0,35	0,04

**Tabela 63:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Limoneno	0,2	20	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,007	0,009	0,006	0,007	0,002
					10	0,031	0,033	0,026	0,030	0,004
					5	0,096	0,098	0,095	0,096	0,002
					3	0,149	0,159	0,145	0,151	0,007
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,010	0,014	0,016	0,013	0,003
					10	0,037	0,036	0,044	0,039	0,004
					5	0,22	0,233	0,209	0,22	0,01
					3	0,449	0,493	0,464	0,47	0,02
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,032	0,029	0,025	0,029	0,004
					10	0,053	0,051	0,044	0,049	0,005
					5	0,266	0,310	0,277	0,28	0,02
					3	0,499	0,493	0,480	0,49	0,01

**Tabela 64:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Limoneno	0,45	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,012	0,014	0,016	0,014	0,002
					10	0,033	0,032	0,036	0,034	0,002
					5	0,152	0,141	0,154	0,149	0,007
					3	0,203	0,233	0,199	0,21	0,02
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
					15	0,021	0,020	0,010	0,017	0,006
					10	0,059	0,051	0,048	0,053	0,006
					5	0,130	0,143	0,154	0,14	0,01
					3	0,219	0,251	0,217	0,23	0,02
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,030	0,026	0,020	0,025	0,005
					10	0,052	0,045	0,049	0,049	0,004
					5	0,111	0,087	0,081	0,09	0,02
					3	0,195	0,157	0,178	0,18	0,02

**Tabela 65:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Cânfora	0,2	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,029	0,027	0,031	0,029	0,002
					10	0,078	0,067	0,077	0,074	0,006
					5	0,139	0,131	0,144	0,138	0,007
					3	0,240	0,247	0,259	0,25	0,01
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,021	0,026	0,019	0,022	0,004
					10	0,059	0,072	0,061	0,064	0,007
					5	0,107	0,122	0,117	0,115	0,008
					3	0,214	0,183	0,191	0,20	0,02
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,014	0,015	0,012	0,014	0,002
					10	0,056	0,053	0,059	0,056	0,003
					5	0,122	0,101	0,125	0,12	0,01
					3	0,255	0,243	0,231	0,24	0,01

**Tabela 66:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Cânfora	0,45	20	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,025	0,027	0,023	0,025	0,002
					10	0,050	0,047	0,052	0,050	0,003
					5	0,098	0,086	0,105	0,10	0,01
					3	0,112	0,099	0,108	0,106	0,007
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,026	0,024	0,021	0,024	0,003
					10	0,045	0,046	0,039	0,043	0,004
					5	0,099	0,078	0,078	0,09	0,01
					3	0,118	0,127	0,123	0,123	0,005
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,044	0,030	0,023	0,032	0,011
					10	0,051	0,055	0,040	0,049	0,008
					5	0,101	0,105	0,113	0,106	0,006
					3	0,145	0,135	0,147	0,142	0,006

**Tabela 67:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	X1200	0,2	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,001	0,003	-0,002	0,001	0,003
					10	0,032	0,036	0,039	0,036	0,004
					5	0,116	0,119	0,097	0,11	0,01
					3	0,210	0,193	0,191	0,20	0,01
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,024	0,023	0,025	0,024	0,001
					10	0,072	0,061	0,085	0,07	0,01
					5	0,235	0,211	0,220	0,22	0,01
					3	0,487	0,450	0,491	0,48	0,02
B20	20	4		0,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,124	0,121	0,102	0,12	0,01
					10	0,264	0,297	0,241	0,27	0,03
					5	0,432	0,497	0,433	0,45	0,04
					3	0,453	0,449	0,470	0,46	0,01

**Tabela 68:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	X1200	0,45	20	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,045	0,049	0,045	0,046	0,002
					10	0,014	0,011	0,015	0,013	0,002
					5	0,078	0,076	0,086	0,080	0,005
					3	0,189	0,195	0,187	0,190	0,004
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,023	0,025	0,026	0,025	0,002
					10	0,052	0,044	0,047	0,048	0,004
					5	0,105	0,107	0,116	0,109	0,006
					3	0,200	0,191	0,199	0,197	0,005
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,026	0,023	0,023	0,024	0,002
					10	0,052	0,047	0,044	0,048	0,004
					5	0,155	0,189	0,173	0,17	0,02
					3	0,311	0,360	0,308	0,33	0,03



**Tabela 69:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Terebentina	0,2	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,034	0,036	0,027	0,032	0,005
					10	0,067	0,059	0,058	0,061	0,005
					5	0,112	0,110	0,130	0,18	0,01
					3	0,152	0,156	0,155	0,154	0,002
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
					15	0,030	0,024	0,037	0,030	0,007
					10	0,131	0,135	0,170	0,15	0,02
					5	0,221	0,268	0,296	0,26	0,04
					3	0,530	0,494	0,475	0,50	0,03
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,034	0,040	0,044	0,039	0,005
					10	0,056	0,057	0,068	0,060	0,007
					5	0,205	0,202	0,249	0,22	0,03
					3	0,435	0,401	0,476	0,44	0,04

**Tabela 70:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de gordura suína, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Terebentina	0,45	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,017	0,018	0,021	0,019	0,002
					10	0,041	0,037	0,036	0,038	0,003
					5	0,072	0,063	0,067	0,067	0,005
					3	0,241	0,229	0,256	0,24	0,01
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,012	-0,010	0,014	0,005	0,013
					10	-0,033	-0,013	-0,020	-0,022	0,010
					5	0,028	0,032	0,043	0,034	0,008
					3	0,165	0,181	0,154	0,17	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,008	0,007	0,008	0,001
					15	0,005	-0,003	0,000	0,001	0,004
					10	-0,050	-0,057	-0,063	-0,057	0,007
					5	0,037	0,029	0,031	0,032	0,004
					3	0,100	0,113	0,107	0,107	0,007

**Tabela 71:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel na mistura	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
<b>B5</b>	<b>5</b>	<b>Sem Aditivo</b>	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			15	0,000	0,003	-0,002	0,000	0,003
			10	0,013	0,016	0,017	0,015	0,002
			5	0,024	0,026	0,029	0,026	0,003
			3	0,125	0,101	0,114	0,11	0,01
<b>B10</b>	<b>10</b>		20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
			15	0,005	0,004	0,003	0,004	0,001
			10	0,041	0,032	0,045	0,039	0,007
			5	0,055	0,057	0,065	0,059	0,005
			3	0,164	0,172	0,157	0,164	0,008
<b>B20</b>	<b>20</b>		20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
			15	0,027	0,031	0,029	0,029	0,002
			10	0,060	0,058	0,048	0,055	0,006
			5	0,112	0,100	0,090	0,10	0,01
			3	0,340	0,311	0,336	0,33	0,02

**Tabela 72:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
<b>B5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>Limoneno</b>	<b>0,2</b>	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,030	0,033	0,004	0,022	0,016
					10	0,076	0,075	0,072	0,074	0,002
					5	0,097	0,092	0,094	0,094	0,003
					3	0,121	0,135	0,143	0,13	0,01
<b>B10</b>	<b>10</b>	<b>4</b>		<b>0,4</b>	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,024	0,029	0,002	0,018	0,014
					10	0,046	0,055	0,045	0,049	0,006
					5	0,095	0,090	0,096	0,094	0,003
					3	0,222	0,205	0,256	0,23	0,03
<b>B20</b>	<b>20</b>	<b>4</b>		<b>0,8</b>	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,037	0,038	0,033	0,036	0,003
					10	0,057	0,063	0,065	0,062	0,004
					5	0,085	0,077	0,088	0,083	0,006
					3	0,198	0,219	0,214	0,21	0,01

**Tabela 73:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Limoneno	0,45	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,007	0,012	0,010	0,010	0,003
					10	0,027	0,025	0,029	0,027	0,002
					5	0,102	0,082	0,096	0,09	0,01
					3	0,106	0,103	0,093	0,101	0,007
B10	10	9		0,9	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,022	0,033	0,020	0,025	0,007
					10	0,043	0,046	0,042	0,044	0,002
					5	0,134	0,116	0,126	0,125	0,009
					3	0,137	0,113	0,126	0,13	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,008	0,007	0,008	0,001
					15	0,030	0,025	0,021	0,025	0,005
					10	0,045	0,041	0,037	0,041	0,004
					5	0,158	0,159	0,156	0,158	0,002
					3	0,182	0,178	0,170	0,177	0,006

**Tabela 74:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Cânfora	0,2	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,046	0,050	0,049	0,048	0,002
					10	0,080	0,082	0,086	0,083	0,003
					5	0,132	0,136	0,135	0,134	0,002
					3	0,423	0,460	0,393	0,43	0,03
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,119	0,123	0,103	0,12	0,01
					10	0,215	0,229	0,203	0,22	0,01
					5	0,234	0,215	0,214	0,22	0,01
					3	0,612	0,633	0,666	0,64	0,03
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,045	0,053	0,058	0,052	0,007
					10	0,076	0,092	0,082	0,083	0,008
					5	0,277	0,255	0,312	0,28	0,03
					3	0,472	0,469	0,545	0,50	0,04

**Tabela 75:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Cânfora	0,45	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,009	0,012	0,008	0,010	0,002
					10	0,039	0,044	0,037	0,040	0,004
					5	0,065	0,064	0,06	0,063	0,003
					3	0,174	0,164	0,171	0,170	0,005
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,011	0,012	0,016	0,013	0,003
					10	0,035	0,035	0,041	0,037	0,003
					5	0,057	0,054	0,044	0,052	0,007
					3	0,231	0,287	0,265	0,26	0,03
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,012	0,013	0,015	0,013	0,002
					10	0,030	0,031	0,029	0,030	0,001
					5	0,048	0,054	0,047	0,050	0,004
					3	0,221	0,236	0,210	0,22	0,01

**Tabela 76:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	X1200	0,2	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,032	0,026	0,027	0,028	0,003
					10	0,045	0,044	0,038	0,042	0,004
					5	0,096	0,093	0,095	0,095	0,002
					3	0,135	0,144	0,119	0,13	0,01
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,041	0,050	0,037	0,043	0,007
					10	0,061	0,060	0,066	0,062	0,003
					5	0,199	0,215	0,211	0,208	0,008
					3	0,329	0,356	0,325	0,34	0,02
B20	20	4		0,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,033	0,034	0,032	0,033	0,001
					10	0,056	0,048	0,047	0,050	0,005
					5	0,144	0,138	0,155	0,146	0,009
					3	0,213	0,238	0,23	0,28	0,01

**Tabela 77:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel,

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	X1200	0,45	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,025	0,024	0,031	0,027	0,004
					10	0,039	0,036	0,037	0,037	0,002
					5	0,125	0,110	0,132	0,12	0,01
					3	0,152	0,135	0,146	0,144	0,009
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,016	0,016	0,022	0,018	0,003
					10	0,048	0,045	0,037	0,043	0,006
					5	0,197	0,172	0,188	0,19	0,01
					3	0,232	0,211	0,238	0,23	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,010	0,012	0,011	0,011	0,001
					10	0,036	0,033	0,040	0,036	0,004
					5	0,173	0,148	0,167	0,16	0,01
					3	0,170	0,154	0,168	0,164	0,009

**Tabela 78:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Terebentina	0,2	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,020	0,021	0,023	0,021	0,002
					10	0,035	0,034	0,037	0,035	0,002
					5	0,080	0,081	0,086	0,082	0,003
					3	0,117	0,125	0,133	0,125	0,008
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,021	0,027	0,034	0,027	0,007
					10	0,041	0,044	0,052	0,046	0,006
					5	0,095	0,072	0,081	0,08	0,01
					3	0,085	0,081	0,091	0,086	0,005
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,021	0,031	0,023	0,025	0,005
					10	0,047	0,044	0,042	0,044	0,003
					5	0,030	0,032	0,023	0,028	0,005
					3	0,126	0,118	0,119	0,121	0,004

**Tabela 79:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de soja, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Terebentina	0,45	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,021	0,016	0,017	0,018	0,003
					10	0,041	0,040	0,041	0,041	0,001
					5	0,090	0,071	0,086	0,08	0,01
					3	0,179	0,182	0,195	0,185	0,009
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
					15	0,020	0,020	0,019	0,020	0,001
					10	0,036	0,037	0,040	0,038	0,002
					5	0,066	0,056	0,049	0,057	0,009
					3	0,156	0,176	0,157	0,16	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,007	0,008	0,011	0,009	0,002
					10	0,062	0,085	0,071	0,07	0,01
					5	0,146	0,157	0,143	0,149	0,007
					3	0,266	0,287	0,248	0,27	0,02

**Tabela 80:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	Aditivo	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	Sem Aditivo	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
			15	0,026	0,024	0,022	0,024	0,002
			10	0,053	0,058	0,049	0,053	0,005
			5	0,102	0,082	0,100	0,10	0,01
			3	0,118	0,134	0,140	0,13	0,01
B10	10		20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
			15	0,041	0,025	0,034	0,033	0,008
			10	0,055	0,050	0,062	0,056	0,006
			5	0,109	0,111	0,116	0,112	0,004
			3	0,136	0,115	0,137	0,13	0,01
B20	20		20	0,009	0,008	0,007	0,008	0,001
			15	0,036	0,037	0,034	0,036	0,002
			10	0,073	0,086	0,077	0,079	0,007
			5	0,316	0,306	0,327	0,32	0,01
			3	0,644	0,702	0,631	0,66	0,04

**Tabela 81:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Limoneno	0,2	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,022	0,021	0,027	0,023	0,003
					10	0,038	0,043	0,046	0,042	0,004
					5	0,214	0,232	0,266	0,28	0,03
					3	0,406	0,373	0,419	0,40	0,02
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,026	0,033	0,038	0,032	0,006
					10	0,148	0,136	0,134	0,139	0,008
					5	0,246	0,258	0,269	0,26	0,01
					3	0,576	0,598	0,591	0,59	0,01
B20	20	4		0,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,019	0,022	0,025	0,022	0,003
					10	0,050	0,042	0,036	0,043	0,007
					5	0,201	0,187	0,181	0,19	0,01
					3	0,264	0,296	0,304	0,29	0,02

**Tabela 82:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Limoneno	0,45	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,005	0,007	0,002	0,005	0,003
					10	0,022	0,017	0,015	0,018	0,004
					5	0,037	0,039	0,032	0,036	0,004
					3	0,130	0,156	0,132	0,14	0,01
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,011	0,014	0,013	0,013	0,002
					10	0,044	0,044	0,042	0,043	0,001
					5	0,123	0,114	0,131	0,123	0,009
					3	0,306	0,327	0,359	0,33	0,03
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,022	0,022	0,019	0,021	0,002
					10	0,037	0,041	0,044	0,041	0,004
					5	0,118	0,101	0,102	0,11	0,01
					3	0,159	0,141	0,156	0,15	0,01

**Tabela 83:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Cânfora	0,2	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,014	0,014	0,017	0,015	0,002
					10	0,040	0,037	0,040	0,039	0,002
					5	0,065	0,074	0,065	0,068	0,005
					3	0,170	0,162	0,152	0,161	0,009
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,053	0,062	0,079	0,07	0,01
					10	0,099	0,088	0,076	0,09	0,01
					5	0,439	0,450	0,431	0,44	0,01
					3	0,659	0,684	0,661	0,67	0,01
B20	20	4		0,8	20	0,01	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,016	0,020	0,018	0,018	0,002
					10	0,025	0,034	0,032	0,030	0,005
					5	0,069	0,061	0,07	0,067	0,005
					3	0,288	0,304	0,278	0,29	0,01

**Tabela 84:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Cânfora	0,45	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,009	0,012	0,008	0,010	0,002
					10	0,039	0,044	0,037	0,040	0,004
					5	0,065	0,064	0,060	0,063	0,003
					3	0,174	0,164	0,171	0,170	0,005
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,011	0,012	0,016	0,013	0,003
					10	0,035	0,035	0,041	0,037	0,003
					5	0,057	0,054	0,044	0,052	0,007
					3	0,231	0,287	0,265	0,26	0,03
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,012	0,013	0,015	0,013	0,002
					10	0,030	0,031	0,029	0,030	0,001
					5	0,048	0,054	0,047	0,050	0,004
					3	0,221	0,236	0,210	0,22	0,01



**Tabela 85:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	X1200	0,2	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,032	0,026	0,027	0,028	0,003
					10	0,045	0,044	0,038	0,042	0,004
					5	0,096	0,093	0,095	0,095	0,002
					3	0,135	0,144	0,119	0,13	0,01
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,041	0,050	0,037	0,043	0,007
					10	0,061	0,060	0,066	0,062	0,003
					5	0,199	0,215	0,211	0,208	0,008
					3	0,329	0,356	0,325	0,34	0,02
B20	20	4		0,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,033	0,034	0,032	0,033	0,001
					10	0,056	0,048	0,047	0,050	0,005
					5	0,144	0,138	0,155	0,146	0,009
					3	0,213	0,238	0,230	0,23	0,01

**Tabela 86:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	X1200	0,45	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,025	0,024	0,031	0,027	0,004
					10	0,039	0,036	0,037	0,037	0,002
					5	0,125	0,110	0,132	0,12	0,01
					3	0,152	0,135	0,146	0,144	0,009
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,016	0,016	0,022	0,018	0,003
					10	0,048	0,045	0,037	0,043	0,006
					5	0,197	0,172	0,188	0,19	0,01
					3	0,232	0,211	0,238	0,23	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,010	0,012	0,011	0,011	0,001
					10	0,036	0,033	0,040	0,036	0,004
					5	0,173	0,148	0,167	0,16	0,01
					3	0,170	0,154	0,168	0,164	0,009

**Tabela 87:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Terebentina	0,2	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,020	0,021	0,023	0,021	0,002
					10	0,035	0,034	0,037	0,035	0,002
					5	0,080	0,081	0,086	0,082	0,003
					3	0,117	0,125	0,133	0,125	0,008
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,021	0,027	0,034	0,027	0,007
					10	0,041	0,044	0,052	0,046	0,006
					5	0,095	0,072	0,081	0,08	0,01
					3	0,085	0,081	0,091	0,086	0,005
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,021	0,031	0,023	0,025	0,005
					10	0,047	0,044	0,042	0,044	0,003
					5	0,030	0,032	0,023	0,028	0,005
					3	0,126	0,118	0,119	0,121	0,004

**Tabela 88:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de girassol, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Terebentina	0,45	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,021	0,016	0,017	0,018	0,003
					10	0,041	0,040	0,041	0,041	0,001
					5	0,090	0,071	0,086	0,08	0,01
					3	0,179	0,182	0,195	0,185	0,009
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
					15	0,020	0,020	0,019	0,020	0,001
					10	0,036	0,037	0,040	0,038	0,002
					5	0,066	0,056	0,049	0,057	0,009
					3	0,156	0,176	0,157	0,16	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,007	0,008	0,011	0,009	0,002
					10	0,062	0,085	0,071	0,07	0,01
					5	0,146	0,157	0,143	0,149	0,007
					3	0,266	0,287	0,248	0,27	0,02

**Tabela 89:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	Sem Aditivo	20	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
			15	0,025	0,037	0,033	0,032	0,006
			10	0,080	0,084	0,090	0,085	0,005
			5	0,116	0,123	0,101	0,11	0,01
			3	0,221	0,219	0,235	0,225	0,009
B10	10		20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
			15	0,093	0,104	0,096	0,098	0,006
			10	0,111	0,129	0,121	0,120	0,009
			5	0,209	0,191	0,186	0,20	0,01
			3	0,384	0,32	0,38	0,36	0,04
B20	20		20	0,009	0,008	0,007	0,008	0,001
			15	0,026	0,021	0,020	0,022	0,003
			10	0,193	0,174	0,143	0,17	0,03
			5	0,198	0,206	0,201	0,202	0,004
			3	0,482	0,49	0,456	0,48	0,02

**Tabela 90:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Limoneno	0,2	20	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,009	0,008	0,013	0,010	0,003
					10	0,027	0,025	0,028	0,027	0,002
					5	0,044	0,044	0,045	0,044	0,001
					3	0,056	0,052	0,063	0,057	0,006
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,071	0,076	0,079	0,075	0,004
					10	0,117	0,108	0,102	0,109	0,008
					5	0,158	0,149	0,146	0,151	0,006
					3	0,255	0,245	0,206	0,24	0,03
B20	20	4		0,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,030	0,025	0,032	0,029	0,004
					10	0,065	0,062	0,079	0,069	0,009
					5	0,107	0,109	0,110	0,109	0,002
					3	0,136	0,132	0,120	0,129	0,008

**Tabela 91:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Limoneno	0,45	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,011	0,016	0,009	0,012	0,004
					10	0,030	0,035	0,029	0,031	0,003
					5	0,060	0,063	0,055	0,059	0,004
					3	0,111	0,108	0,128	0,12	0,01
B10	10	9		0,9	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,022	0,018	0,017	0,019	0,003
					10	0,042	0,040	0,037	0,040	0,003
					5	0,074	0,071	0,065	0,070	0,005
					3	0,126	0,113	0,132	0,124	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,026	0,020	0,017	0,021	0,005
					10	0,053	0,048	0,045	0,049	0,004
					5	0,081	0,083	0,071	0,078	0,006
					3	0,098	0,117	0,106	0,11	0,01

**Tabela 92:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Cânfora	0,2	20	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,015	0,011	0,018	0,015	0,004
					10	0,029	0,025	0,036	0,030	0,006
					5	0,064	0,056	0,068	0,063	0,006
					3	0,079	0,086	0,084	0,083	0,004
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
					15	0,021	0,019	0,021	0,020	0,001
					10	0,036	0,030	0,037	0,034	0,004
					5	0,067	0,060	0,054	0,060	0,007
					3	0,089	0,100	0,093	0,094	0,006
B20	20	4		0,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,013	0,017	0,018	0,016	0,003
					10	0,046	0,041	0,037	0,041	0,005
					5	0,082	0,092	0,084	0,086	0,005
					3	0,103	0,107	0,099	0,103	0,004

**Tabela 93:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Cânfora	0,45	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,023	0,026	0,018	0,022	0,004
					10	0,073	0,078	0,068	0,073	0,005
					5	0,067	0,077	0,065	0,070	0,006
					3	0,116	0,140	0,128	0,13	0,01
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,024	0,028	0,027	0,026	0,002
					10	0,095	0,094	0,096	0,095	0,001
					5	0,154	0,156	0,162	0,157	0,004
					3	0,201	0,226	0,206	0,21	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,217	0,206	0,209	0,211	0,006
					10	0,363	0,332	0,340	0,35	0,02
					5	0,426	0,401	0,437	0,42	0,02
					3	0,549	0,496	0,507	0,52	0,03

**Tabela 94:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	X1200	0,2	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,077	0,094	0,091	0,087	0,009
					10	0,139	0,142	0,134	0,138	0,004
					5	0,226	0,209	0,206	0,21	0,01
					3	0,238	0,246	0,222	0,24	0,01
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,073	0,083	0,070	0,075	0,007
					10	0,124	0,134	0,142	0,133	0,009
					5	0,226	0,272	0,254	0,25	0,02
					3	0,259	0,257	0,249	0,255	0,005
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,082	0,094	0,090	0,089	0,006
					10	0,137	0,162	0,140	0,15	0,01
					5	0,218	0,207	0,239	0,22	0,02
					3	0,238	0,228	0,266	0,24	0,02

**Tabela 95:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	X1200	0,45	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,032	0,025	0,027	0,028	0,004
					10	0,057	0,063	0,056	0,059	0,004
					5	0,105	0,117	0,108	0,110	0,006
					3	0,167	0,139	0,150	0,15	0,01
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
					15	0,026	0,027	0,029	0,027	0,002
					10	0,076	0,079	0,081	0,079	0,003
					5	0,152	0,161	0,171	0,16	0,01
					3	0,252	0,236	0,288	0,26	0,03
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,039	0,041	0,035	0,038	0,003
					10	0,096	0,101	0,116	0,10	0,01
					5	0,304	0,325	0,280	0,30	0,02
					3	0,415	0,446	0,397	0,42	0,03

**Tabela 96:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Terebentina	0,2	20	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
					15	0,014	0,012	0,013	0,013	0,001
					10	0,030	0,025	0,032	0,029	0,004
					5	0,050	0,047	0,055	0,051	0,004
					3	0,057	0,056	0,060	0,058	0,002
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,017	0,019	0,014	0,017	0,003
					10	0,041	0,038	0,031	0,037	0,005
					5	0,071	0,066	0,055	0,064	0,008
					3	0,088	0,066	0,071	0,08	0,01
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,023	0,026	0,021	0,023	0,003
					10	0,050	0,049	0,044	0,048	0,003
					5	0,085	0,081	0,078	0,081	0,004
					3	0,095	0,090	0,082	0,089	0,007

**Tabela 97:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de milho, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Terebentina	0,45	20	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,006	0,005	0,007	0,006	0,001
					10	0,024	0,019	0,022	0,022	0,003
					5	0,050	0,041	0,055	0,049	0,007
					3	0,201	0,208	0,221	0,21	0,01
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,011	0,010	0,011	0,011	0,001
					10	0,027	0,026	0,024	0,026	0,002
					5	0,046	0,045	0,052	0,048	0,004
					3	0,196	0,216	0,203	0,21	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
					15	0,018	0,018	0,019	0,018	0,001
					10	0,034	0,031	0,032	0,032	0,002
					5	0,060	0,051	0,063	0,058	0,006
					3	0,202	0,212	0,189	0,20	0,01

**Tabela 98:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, sem aditivo e em diferentes concentrações de biodiesel na mistura.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	Sem Aditivo	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
			15	0,010	0,014	0,013	0,012	0,002
			10	0,030	0,026	0,027	0,028	0,002
			5	0,057	0,053	0,063	0,058	0,005
			3	0,159	0,143	0,174	0,16	0,02
B10	10		20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
			15	0,009	0,010	0,018	0,012	0,005
			10	0,051	0,069	0,062	0,061	0,009
			5	0,104	0,118	0,104	0,109	0,008
			3	0,152	0,164	0,180	0,17	0,01
B20	20		20	0,009	0,010	0,008	0,009	0,001
			15	0,017	0,018	0,021	0,019	0,002
			10	0,041	0,038	0,042	0,040	0,002
			5	0,068	0,059	0,070	0,066	0,006
			3	0,156	0,167	0,179	0,17	0,01

**Tabela 99:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Limoneno	0,2	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,037	0,033	0,035	0,035	0,002
					10	0,037	0,040	0,044	0,040	0,004
					5	0,065	0,062	0,060	0,062	0,003
					3	0,124	0,112	0,129	0,122	0,009
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,034	0,039	0,032	0,035	0,004
					10	0,065	0,063	0,067	0,065	0,002
					5	0,092	0,083	0,099	0,091	0,008
					3	0,423	0,366	0,422	0,40	0,03
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,008	0,007	0,008	0,001
					15	0,025	0,030	0,027	0,027	0,003
					10	0,043	0,032	0,042	0,039	0,006
					5	0,234	0,204	0,210	0,22	0,02
					3	0,312	0,337	0,297	0,32	0,02

**Tabela 100:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com limoneno, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Limoneno	0,45	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	-0,013	-0,005	-0,019	-0,012	0,007
					10	0,022	0,025	0,020	0,022	0,003
					5	0,145	0,141	0,149	0,145	0,004
					3	0,353	0,395	0,422	0,39	0,04
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,033	0,034	0,030	0,032	0,002
					10	0,064	0,064	0,068	0,065	0,002
					5	0,213	0,209	0,208	0,210	0,003
					3	0,359	0,355	0,364	0,359	0,005
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,024	0,030	0,027	0,027	0,003
					10	0,050	0,058	0,045	0,051	0,007
					5	0,175	0,172	0,165	0,171	0,005
					3	0,333	0,355	0,294	0,33	0,03



**Tabela 101:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Cânfora	0,2	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,036	0,027	0,034	0,047	0,003
					10	0,156	0,182	0,179	0,060	0,003
					5	0,337	0,324	0,329	0,061	0,008
					3	0,531	0,583	0,509	0,64	0,04
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,003	0,004	0,005	0,002
					15	0,098	0,100	0,118	0,045	0,004
					10	0,277	0,247	0,249	0,15	0,01
					5	0,623	0,557	0,612	0,52	0,04
					3	0,668	0,629	0,662	0,68	0,01
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,01	0,007	0,009	0,001
					15	0,093	0,074	0,090	0,090	0,004
					10	0,195	0,211	0,207	0,094	0,006
					5	0,587	0,676	0,632	0,50	0,02
					3	0,599	0,537	0,580	0,52	0,03

**Tabela 102:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com cânfora, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Cânfora	0,45	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,036	0,027	0,034	0,032	0,005
					10	0,156	0,182	0,179	0,17	0,01
					5	0,337	0,324	0,329	0,330	0,007
					3	0,531	0,583	0,509	0,54	0,04
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,098	0,100	0,118	0,105	0,01
					10	0,277	0,247	0,249	0,26	0,02
					5	0,623	0,557	0,612	0,60	0,04
					3	0,668	0,629	0,662	0,65	0,02
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,093	0,074	0,090	0,09	0,01
					10	0,195	0,211	0,207	0,204	0,008
					5	0,587	0,676	0,632	0,63	0,05
					3	0,599	0,537	0,580	0,57	0,03

**Tabela 103:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	X1200	0,2	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,017	0,013	0,015	0,015	0,002
					10	0,041	0,045	0,036	0,041	0,005
					5	0,045	0,049	0,043	0,046	0,003
					3	0,037	0,045	0,049	0,044	0,006
B10	10	4		0,4	20	0,003	0,007	0,004	0,005	0,002
					15	0,013	0,011	0,016	0,013	0,003
					10	0,024	0,027	0,021	0,024	0,003
					5	0,026	0,031	0,037	0,031	0,006
					3	0,123	0,116	0,111	0,117	0,006
B20	20	4		0,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,017	0,016	0,018	0,017	0,001
					10	0,047	0,045	0,037	0,043	0,005
					5	0,083	0,075	0,078	0,079	0,004
					3	0,212	0,209	0,227	0,22	0,01

**Tabela 104:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com X1200, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	X1200	0,45	20	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001
					15	0,069	0,066	0,067	0,067	0,002
					10	0,153	0,155	0,165	0,158	0,006
					5	0,210	0,191	0,184	0,20	0,01
					3	0,695	0,721	0,628	0,68	0,05
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,007	0,005	0,002
					15	0,020	0,021	0,026	0,022	0,003
					10	0,066	0,067	0,069	0,067	0,002
					5	0,396	0,382	0,353	0,33	0,02
					3	0,429	0,455	0,437	0,44	0,01
B20	20	9		1,8	20	0,010	0,008	0,007	0,008	0,002
					15	0,095	0,076	0,092	0,09	0,01
					10	0,161	0,141	0,144	0,15	0,01
					5	0,371	0,332	0,329	0,34	0,02
					3	0,570	0,545	0,501	0,54	0,04

**Tabela 105:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 4% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	4	Terebentina	0,2	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,056	0,059	0,065	0,060	0,005
					10	0,088	0,091	0,105	0,095	0,009
					5	0,146	0,149	0,143	0,146	0,003
					3	0,370	0,363	0,362	0,365	0,004
B10	10	4		0,4	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,050	0,062	0,070	0,06	0,01
					10	0,086	0,098	0,113	0,10	0,01
					5	0,273	0,221	0,269	0,25	0,03
					3	0,451	0,438	0,473	0,45	0,02
B20	20	4		0,8	20	0,009	0,010	0,007	0,009	0,002
					15	0,047	0,051	0,059	0,052	0,006
					10	0,107	0,103	0,108	0,106	0,003
					5	0,253	0,229	0,254	0,25	0,01
					3	0,431	0,418	0,413	0,421	0,009

**Tabela 106:** Resultados das absorvâncias, à 420 nm, em função da temperatura, obtidas na mistura diesel-biodiesel de óleo de canola, aditivada com terebentina, em diferentes concentrações de biodiesel e 9% aditivo no biodiesel.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Média	Desvio Padrão
B5	5	9	Terebentina	0,45	20	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001
					15	0,009	0,013	0,004	0,009	0,005
					10	0,006	0,014	0,013	0,011	0,004
					5	0,032	0,035	0,029	0,032	0,003
					3	0,124	0,132	0,118	0,125	0,007
B10	10	9		0,9	20	0,005	0,003	0,004	0,004	0,001
					15	0,025	0,023	0,022	0,023	0,002
					10	0,042	0,051	0,042	0,045	0,005
					5	0,072	0,080	0,096	0,08	0,01
					3	0,108	0,110	0,137	0,12	0,02
B20	20	9		1,8	20	0,009	0,008	0,007	0,008	0,001
					15	0,022	0,020	0,028	0,023	0,004
					10	0,042	0,046	0,051	0,046	0,005
					5	0,101	0,110	0,100	0,104	0,006
					3	0,351	0,326	0,315	0,33	0,02

## 8.6. APÊNDICE 6: TEMPERATURAS DE TURBIDEZ PARA O BIODIESEL PURO E COM DIFERENTES ADITIVOS

*Tabela 107: Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de óleo de soja – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.*

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de soja	Puro	0	6,5	7,0	6,0	6,5	0,5	**
	Limoneno	1	5,0	6,0	5,5	5,5	0,5	3,5
		3	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	5,0
		5	7,0	7,0	6,0	6,7	0,6	1,0
		7	8,0	7,5	7,0	7,5	0,5	3,5
		9	7,0	6,0	7,0	6,7	0,6	0,3
	X1200	1	8,5	9,0	8,0	8,5	0,5	3,5
		3	12,0	10,0	11,0	11,0	1,0	5,9
		5	7,0	7,0	6,5	6,8	0,3	2,0
		7	5,5	6,0	5,0	5,5	0,5	1,7
		9	9,0	8,0	8,0	8,3	0,6	4,2
	Terebentina	1	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0	1,7
		3	7,0	6,0	7,0	6,7	0,6	0,3
		5	7,0	8,0	7,0	7,3	0,6	5,0
		7	5,0	5,5	5,0	5,2	0,3	8,0
		9	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	0,7
	Canfora	1	7,0	6,0	6,5	6,5	0,5	0,0
		3	7,5	7,5	8,0	7,7	0,3	2,6
		5	10,0	11,0	9,0	10,0	1,0	12,1
		7	11,0	10,0	9,0	10,0	1,0	7,0
		9	10,0	9,0	9,5	9,5	0,5	6,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 108:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de gordura suína – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de gordura suína	Puro	0	21,0	20,5	20,0	20,5	0,5	**
	Limoneno	1	20,0	21,0	21,0	20,7	0,6	0,3
		3	21,0	21,0	20,0	20,7	0,6	1,0
		5	20,0	21,0	20,5	20,5	0,5	0,0
		7	18,0	17,0	17,5	17,5	0,5	10,4
		9	15,0	16,0	15,0	15,3	0,6	11,7
	X1200	1	21,0	20,0	19,0	20,0	1,0	1,7
		3	15,5	14,5	15,0	15,0	0,5	19,1
		5	14,0	16,0	15,0	15,0	1,0	7,2
		7	15,0	16,5	14,0	15,2	1,3	8,0
		9	15,0	14,5	16,0	15,2	0,8	8,0
	Terebentina	1	22,5	21,0	20,5	21,3	1,0	2,5
		3	21,0	19,5	20,5	20,3	0,8	0,4
		5	18,0	19,0	17,0	18,0	1,0	5,0
		7	14,0	15,0	16,5	15,2	1,3	5,3
		9	15,0	15,0	14,5	14,8	0,3	34,0
	Canfora	1	14,0	15,0	16,0	15,0	1,0	6,4
		3	15,0	15,5	14,5	15,0	0,5	19,1
		5	15,0	16,0	14,0	15,0	1,0	11,0
		7	14,0	15,0	16,5	15,2	1,3	5,3
		9	16,0	15,5	14,5	15,3	0,8	31,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 109:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorbância), para o biodiesel de óleo de girassol – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de girassol	Puro	0	9,0	8,0	7,0	8,0	1,0	**
	Limoneno	1	8,0	7,0	7,5	7,5	0,5	1,0
		3	5,0	5,5	6,0	5,5	0,5	2,9
		5	5,5	5,0	6,0	5,5	0,5	3,3
		7	6,0	5,5	5,5	5,7	0,3	5,3
		9	5,0	6,0	5,5	5,5	0,5	3,3
	X1200	1	6,5	7,0	6,5	6,7	0,3	2,2
		3	5,0	5,5	5,5	5,3	0,3	3,7
		5	5,5	5,5	5,0	5,3	0,3	6,0
		7	5,5	5,0	5,5	5,3	0,3	4,4
		9	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	7,0
	Terebentina	1	6,5	6,5	6,0	6,3	0,3	3,8
		3	5,5	5,0	5,5	5,3	0,3	4,4
		5	5,5	5,5	5,0	5,3	0,3	6,0
		7	5,5	5,5	5,0	5,3	0,3	6,0
		9	5,5	5,5	5,0	5,3	0,3	6,0
	Canfora	1	6,0	6,0	6,5	6,3	0,3	2,5
		3	5,5	5,5	5,0	5,3	0,3	2,5
		5	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	7,0
		7	5,0	6,0	6,0	5,7	0,6	7,0
		9	5,0	5,5	5,5	5,3	0,3	2,5

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 110:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de óleo de milho – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de milho	Puro	0	12,0	11,5	11,0	11,5	0,5	**
	Limoneno	1	7,0	7,0	6,0	6,7	0,6	29,0
		3	6,0	7,0	7,0	6,7	0,6	8,0
		5	6,5	7,0	6,0	6,5	0,5	17,3
		7	8,5	8,0	8,0	8,2	0,3	20,0
		9	7,0	6,0	6,5	6,5	0,5	17,3
	X1200	1	5,0	6,0	6,5	5,8	0,8	7,8
		3	6,0	8,0	7,0	7,0	1,0	5,9
		5	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	9,0
		7	6,5	7,0	6,0	6,5	0,5	17,3
		9	10,0	9,0	9,0	9,3	0,6	13,0
	Terebentina	1	5,0	6,0	6,0	5,7	0,6	9,7
		3	6,0	7,0	6,5	6,5	0,5	10,0
		5	7,0	6,5	7,5	7,0	0,5	9,0
		7	6,0	6,5	6,5	6,3	0,3	11,7
		9	8,0	7,0	8,0	7,7	0,6	8,7
	Canfora	1	7,5	5,5	6,5	6,5	1,0	10,0
		3	6,0	5,5	7,5	6,5	1,0	6,2
		5	6,0	6,5	5,5	6,0	0,5	19,1
		7	7,0	8,0	6,5	7,2	0,8	9,8
		9	9,5	9,0	8,0	8,8	0,8	16,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 111:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para o biodiesel de óleo de canola – B100 – puro e aditivado com diferentes aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de canola	Puro	0	5,0	6,0	5,5	5,5	0,5	**
	Limoneno	1	5,5	6,0	5,0	5,5	0,5	0,0
		3	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	1,0
		5	7,5	8,0	7,5	7,7	0,3	13,0
		7	6,5	7,0	7,0	6,8	0,3	8,0
		9	7,0	6,0	6,5	6,5	0,5	1,7
	X1200	1	5,5	6,0	6,0	5,8	0,3	2,0
		3	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	3,0
		5	7,5	7,0	8,0	7,5	0,5	4,0
		7	7,0	8,0	7,0	7,3	0,6	11,0
		9	7,5	7,0	8,0	7,5	0,5	4,0
	Terebentina	1	8,0	7,0	7,5	7,5	0,5	3,5
		3	8,0	7,0	7,0	7,3	0,6	3,1
		5	5,5	6,0	5,0	5,5	0,5	0,0
		7	6,5	6,0	7,0	6,5	0,5	2,0
		9	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	5,0
	Canfora	1	13,0	14,0	15,0	14,0	1,0	17,0
		3	7,0	6,5	6,5	6,7	0,3	2,6
		5	6,0	6,0	5,5	5,8	0,3	1,0
		7	5,5	6,5	6,0	6,0	0,5	1,7
		9	6,5	5,5	5,5	5,8	0,6	0,6

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.



## 8.7. APÊNDICE 7: TEMPERATURAS DE TURBIDEZ PARA O DIESEL, E PARA AS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL, BX, E COM DIFERENTES ADITIVOS.

**Tabela 112:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância) para o diesel

Material	Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA / °C	Desvio Padrão
Diesel	B0	0	Nenhum	6,0	7,0	5,0	6,0	1,0

**Tabela 113:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA / °C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,2	11,5	10,0	12,5	11,3	1,3	7,3
	9		0,45	15,5	14,0	13,0	14,2	1,3	6,3
B10	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,4	7,0	8,0	9,0	8,0	1,0	1,0
	9		0,9	16,5	15,0	15,0	15,5	0,9	11,1
B20	0	Nenhum	0	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,8	7,5	6,5	6,5	6,8	0,6	1,8
	9		1,8	13,5	13,0	15,0	13,8	1,0	5,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 114:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de soja – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,2	6,0	6,0	6,0	6,0	0,0	0,0
	9		0,45	9,0	10,0	9,0	9,3	0,6	5,0
B10	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,4	6,0	6,5	6,5	6,3	0,3	1,1
	9		0,9	10,0	11,0	12,0	11,0	1,0	1,7
B20	0	Nenhum	0	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,8	8,0	7,5	9,0	8,2	0,8	0,2
	9		1,8	8,0	9,0	9,5	8,8	0,8	0,8

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 115:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	X1200	0,2	12,0	13,0	14,0	13,0	1,0	12,0
	9		0,45	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	0,0
B10	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	X1200	0,4	15,0	15,0	13,0	14,3	1,2	22,0
	9		0,9	7,5	7,5	7,0	7,3	0,3	0,8
B20	0	Nenhum	0	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	**
	4	X1200	0,8	8,0	8,0	10,0	8,7	1,2	0,6
	9		1,8	11,0	10,5	9,5	10,3	0,8	5,3

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 116:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de soja – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,2	15,0	17,0	16,5	16,2	1,0	23,1
	9		0,45	11,0	13,0	12,5	12,2	1,0	14,0
B10	0	Nenhum	0	7,0	8,0	6,0	7,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,4	22,0	23,0	20,5	21,8	1,3	89,0
	9		0,9	10,0	9,0	9,5	9,5	0,5	3,3
B20	0	Nenhum	0	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,8	23,0	24,0	21,5	22,8	1,3	89,0
	9		1,8	6,0	6,5	5,0	5,8	0,8	13,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 117:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,2	11,0	10,5	10,0	10,5	0,5	5,2
	9		0,45	11,0	10,5	9,5	10,3	0,8	4,3
B10	0	Nenhum	0	7,5	6,5	7,0	7,0	0,5	**
	4	Limoneno	0,4	8,0	8,5	8,5	8,3	0,3	3,0
	9		0,9	12,0	11,0	10,5	11,2	0,8	12,5
B20	0	Nenhum	0	9,5	7,0	8,5	8,3	1,3	**
	4	Limoneno	0,8	9,0	9,5	8,5	9,0	0,5	0,7
	9		1,8	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	0,3

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 118:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,2	8,5	9,5	9,0	9,0	0,5	6,0
	9		0,45	18,0	17,0	19,0	18,0	1,0	20,8
B10	0	Nenhum	0	7,5	6,5	7,0	7,0	0,5	**
	4	Cânfora	0,4	10,0	11,0	9,5	10,2	0,8	11,0
	9		0,9	12,0	13,0	11,0	12,0	1,0	6,5
B20	0	Nenhum	0	9,5	7,0	8,5	8,3	1,3	**
	4	Cânfora	0,8	8,0	8,0	8,5	8,2	0,3	0,2
	9		1,8	9,0	10,0	11,0	10,0	1,0	1,5

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 119:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	X1200	0,2	10,0	11,0	8,0	9,7	1,5	2,8
	9		0,45	6,5	7,5	8,0	7,3	0,8	8,0
B10	0	Nenhum	0	7,5	6,5	7,0	7,0	0,5	**
	4	X1200	0,4	6,0	7,0	9,0	7,3	1,5	0,3
	9		0,9	7,0	8,0	9,0	8,0	1,0	1,3
B20	0	Nenhum	0	9,5	7,0	8,5	8,3	1,3	**
	4	X1200	0,8	16,0	18,0	19,0	17,7	1,5	6,6
	9		1,8	8,0	7,5	8,5	8,0	0,5	0,6

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 120:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de gordura suína – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,2	12,0	13,0	14,0	13,0	1,0	12,1
	9		0,45	7,0	7,0	8,0	7,3	0,6	2,0
B10	0	Nenhum	0	7,5	6,5	7,0	7,0	0,5	**
	4	Terebentina	0,4	7,0	8,0	9,0	8,0	1,0	1,3
	9		0,9	8,0	7,0	7,0	7,3	0,6	2,0
B20	0	Nenhum	0	9,5	7,0	8,5	8,3	1,3	**
	4	Terebentina	0,8	8,0	7,0	6,0	7,0	1,0	1,8
	9		1,8	8,0	8,0	9,0	8,3	0,6	0,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 121:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	9,0	10,0	11,0	10,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,2	7,5	8,5	9,0	8,3	0,8	10,0
	9		0,45	6,0	6,0	6,5	6,2	0,3	8,7
B10	0	Nenhum	0	10,0	11,0	9,0	10,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,4	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	3,0
	9		0,9	6,5	6,5	6,0	6,3	0,3	8,3
B20	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,8	9,5	10,5	11,0	10,3	0,8	20,0
	9		1,8	9,0	11,0	11,5	10,5	1,3	12,1

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 122:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora,

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	9,0	10,0	11,0	10,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,2	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	5,2
	9		0,45	8,0	7,0	7,0	7,3	0,6	3,0
B10	0	Nenhum	0	10,0	11,0	9,0	10,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,4	10,0	12,0	12,0	11,3	1,2	1,5
	9		0,9	6,0	6,5	6,5	6,3	0,3	6,1
B20	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,8	6,0	6,0	5,5	5,8	0,3	2,6
	9		1,8	5,5	6,0	6,0	5,8	0,3	2,6

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 123:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	9,0	10,0	11,0	10,0	1,0	**
	4	X1200	0,2	13,5	11,0	12,5	12,3	1,3	2,1
	9		0,45	14,0	14,5	12,0	13,5	1,3	2,8
B10	0	Nenhum	0	10,0	11,0	9,0	10,0	1,0	**
	4	X1200	0,4	9,0	10,0	8,5	9,2	0,8	5,0
	9		0,9	11,0	13,0	13,0	12,3	1,2	2,6
B20	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	X1200	0,8	11,0	10,5	9,0	10,2	1,0	2,7
	9		1,8	13,0	12,0	11,5	12,2	0,8	5,1

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 124:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de girassol – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	9,0	10,0	11,0	10,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,2	10,0	10,5	9,0	9,8	0,8	5,2
	9		0,45	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	5,2
B10	0	Nenhum	0	10,0	11,0	9,0	10,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,4	15,0	13,5	13,0	13,8	1,0	5,3
	9		0,9	6,0	6,5	6,0	6,2	0,3	8,7
B20	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,8	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	1,7
	9		1,8	8,0	9,5	7,5	8,3	1,0	1,1

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 125:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,2	15,5	15,0	16,0	15,5	0,5	17,0
	9		0,45	7,0	8,0	9,0	8,0	1,0	1,7
B10	0	Nenhum	0	10,0	9,0	8,5	9,2	0,8	**
	4	Limoneno	0,4	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	2,1
	9		0,9	9,0	8,5	6,5	8,0	1,3	2,6
B20	0	Nenhum	0	8,5	8,0	8,0	8,2	0,3	**
	4	Limoneno	0,8	17,0	14,5	16,0	15,8	1,3	12,8
	9		1,8	9,0	10,0	10,5	9,8	0,8	2,8

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 126:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,2	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	1,0
	9		0,45	10,0	10,5	9,5	10,0	0,5	3,9
B10	0	Nenhum	0	10,0	9,0	8,5	9,2	0,8	**
	4	Cânfora	0,4	8,0	9,5	9,5	9,0	0,9	0,2
	9		0,9	13,0	14,0	12,0	13,0	1,0	6,4
B20	0	Nenhum	0	8,5	8,0	8,0	8,2	0,3	**
	4	Cânfora	0,8	8,0	8,5	8,5	8,3	0,3	0,5
	9		1,8	17,0	18,0	15,5	16,8	1,3	11,9

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 127:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	X1200	0,2	20,0	22,0	22,5	21,5	1,3	50,2
	9		0,45	14,0	13,0	15,0	14,0	1,0	12,1
B10	0	Nenhum	0	10,0	9,0	8,5	9,2	0,8	**
	4	X1200	0,4	16,0	18,0	18,0	17,3	1,2	7,5
	9		0,9	7,0	8,0	9,0	8,0	1,0	1,2
B20	0	Nenhum	0	8,5	8,0	8,0	8,2	0,3	**
	4	X1200	0,8	22,0	21,0	20,0	21,0	1,0	29,1
	9		1,8	10,5	12,5	12,0	11,7	1,0	4,6

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.



**Tabela 128:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de milho – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	6,0	7,0	8,0	7,0	1,0	**
	4	Terebentina	0,2	21,0	22,0	19,0	20,7	1,5	10,3
	9		0,45	6,0	5,0	6,0	5,7	0,6	2,0
B10	0	Nenhum	0	10,0	9,0	8,5	9,2	0,8	**
	4	Terebentina	0,4	22,0	23,0	20,5	21,8	1,3	19,0
	9		0,9	6,0	6,0	5,0	5,7	0,6	12,1
B20	0	Nenhum	0	8,5	8,0	8,0	8,2	0,3	**
	4	Terebentina	0,8	22,0	20,0	22,5	21,5	1,3	18,4
	9		1,8	6,5	6,0	6,0	6,2	0,3	6,9

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 129:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com limoneno.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,2	7,0	8,0	9,0	8,0	1,0	3,5
	9		0,45	5,0	6,0	6,5	5,8	0,8	1,0
B10	0	Nenhum	0	10,0	9,0	8,0	9,0	1,0	**
	4	Limoneno	0,4	5,0	5,5	6,0	5,5	0,5	4,0
	9		0,9	7,0	8,5	8,0	7,8	0,8	1,3
B20	0	Nenhum	0	6,5	6,0	5,5	6,0	0,5	**
	4	Limoneno	0,8	10,0	12,0	11,0	11,0	1,0	6,5
	9		1,8	7,5	8,0	6,5	7,3	0,8	4,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 130:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com cânfora.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,2	6,0	7,0	5,0	6,0	1,0	0,0
	9		0,45	8,0	9,0	7,0	8,0	1,0	2,0
B10	0	Nenhum	0	10,0	9,0	8,0	9,0	1,0	**
	4	Cânfora	0,4	10,0	12,0	12,0	11,3	1,2	1,9
	9		0,9	15,0	14,0	13,0	14,0	1,0	8,7
B20	0	Nenhum	0	6,5	6,0	5,5	6,0	0,5	**
	4	Cânfora	0,8	12,0	11,0	11,0	11,3	0,6	32,0
	9		1,8	11,0	12,0	13,0	12,0	1,0	6,9

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 131:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com X1200.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	0	Nenhum	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	X1200	0,2	16,0	17,0	18,0	17,0	1,0	19,1
	9		0,45	6,0	7,0	5,5	6,2	0,8	0,2
B10	0	Nenhum	0	10,0	9,0	8,0	9,0	1,0	**
	4	X1200	0,4	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	2,6
	9		0,9	11,0	12,0	13,0	12,0	1,0	2,6
B20	0	Nenhum	0	6,5	6,0	5,5	6,0	0,5	**
	4	X1200	0,8	8,0	7,0	6,0	7,0	1,0	3,5
	9		1,8	8,0	9,0	9,5	8,8	0,8	3,9

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 132:** Resultados das temperaturas de turbidez obtidas pelas tangentes dos gráficos (temperatura x absorvância), para mistura diesel-biodiesel de canola – BX – sem aditivo e aditivada com terebentina.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	MÉDIA /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
<b>B5</b>	0	<b>Nenhum</b>	0	5,0	6,0	7,0	6,0	1,0	**
	4	<b>Terebentina</b>	0,2	6,0	7,0	7,5	6,8	0,8	5,0
	9		0,45	6,0	7,0	5,0	6,0	1,0	0,0
<b>B10</b>	0	<b>Nenhum</b>	0	10,0	9,0	8,0	9,0	1,0	**
	4	<b>Terebentina</b>	0,4	7,0	8,5	8,0	7,8	0,8	1,3
	9		0,9	12,0	10,0	11,0	11,0	1,0	3,5
<b>B20</b>	0	<b>Nenhum</b>	0	6,5	6,0	5,5	6,0	0,5	**
	4	<b>Terebentina</b>	0,8	7,5	8,0	8,5	8,0	0,5	3,5
	9		1,8	6,0	5,0	7,0	6,0	1,0	0,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para a mistura diesel-biodiesel (BX) isenta de aditivo. \*\*Não foram comparados pois a mistura diesel-biodiesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

## 8.8. APÊNCIDE 8: PONTO DE FULGOR DO DIESEL, DOS ADITIVOS, DO BIODIESEL PUROS E ADITIVADOS E DAS MISTURAS DIESEL-BIODIESEL PURAS E ADITIVADAS.

*Tabela 133: Resultados do ponto de fulgor dos diferentes biodieseis – B100 – e do diesel – B0 – isentos de aditivos.*

Material	Origem / óleo ou gordura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio Padrão
Biodiesel	Canola	115,0	130,0	125,0	123,3	7,6
Biodiesel	Girassol	135,0	146,2	138,7	140,0	5,7
Biodiesel	Soja	105,0	108,8	98,8	104,2	5,0
Biodiesel	Suína	126,0	124,8	119,0	123,3	3,7
Biodiesel	Milho	109,5	113,5	125,1	116,0	8,1
Diesel	Petróleo	38,5	40,6	41,2	40,1	1,4

*Tabela 134: Resultados do ponto de fulgor dos aditivos utilizados.*

Material	Procedência	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio Padrão
Cânfora	Terpenoil	66,0	65,8	67,8	66,5	1,1
Limoneno	Terpenoil	53,6	51,2	51,7	52,2	1,3
X1200	Terpenoil	55,6	53,6	54,8	54,7	1,0
Terebentina	Terpenoil	41,7	39,7	39,2	40,2	1,3

**Tabela 135:** Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de soja – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de soja	Nenhum	0	105,0	108,8	98,8	104,2	5,0	**
	Limoneno	4	99,0	98,6	95,0	97,5	2,2	3,6
		9	89,6	90,0	90,6	90,1	0,5	4,5
	X1200	4	93,6	93,8	94,6	94,0	0,5	3,2
		9	78,6	80,6	77,8	79,0	1,4	11,6
	Terebentina	4	86,6	87,8	85,6	86,7	1,1	7,6
		9	74,8	73,0	73,6	73,8	0,9	9,9
	Cânfora	4	100,0	91,8	98,8	96,9	4,4	1,5
		9	95,8	91,1	93,8	93,6	2,4	2,8

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 136:** Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de milho – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de milho	Nenhum	0	109,5	113,5	125,1	116,0	8,1	**
	Limoneno	4	85,0	84,7	87,0	85,6	1,3	7,6
		9	82,7	81,7	83,0	82,5	0,7	7,5
	X1200	4	85,7	82,8	83,0	83,8	1,6	6,0
		9	80,7	80,0	81,7	80,8	0,9	8,2
	Terebentina	4	79,0	78,3	80,0	79,1	0,9	8,6
		9	66,0	68,0	69,0	67,7	1,5	12,4
	Cânfora	4	93,7	90,7	92,0	92,1	1,5	4,8
		9	78,7	80,7	79,7	79,7	1,0	8,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 137:** Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de canola – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de canola	Nenhum	0	115,0	130,0	125,0	123,3	7,6	**
	Limoneno	4	110,0	113,6	114,0	112,5	2,2	3,3
		9	97,6	96,6	98,0	97,4	0,7	5,6
	X1200	4	105,0	112,7	115,0	110,9	5,2	5,1
		9	98,7	97,7	100,7	99,0	1,5	5,3
	Terebentina	4	90,7	91,7	90,0	90,8	0,9	7,7
		9	76,7	78,7	80,7	78,7	2,0	11,9
	Cânfora	4	117,0	115,8	114,8	115,9	1,1	1,5
		9	110,0	112,8	107,8	110,2	2,5	3,2

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 138:** Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de óleo de girassol – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média / °C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de óleo de girassol	Nenhum	0	135,0	146,2	138,7	140,0	5,7	**
	Limoneno	4	102,0	101,0	103,0	102,0	1,0	10,3
		9	93,2	90,6	94,0	92,6	1,8	11,3
	X1200	4	99,7	98,6	97,8	98,7	1,0	11,6
		9	89,6	89,7	90,8	90,0	0,7	14,9
	Terebentina	4	83,6	82,6	84,0	83,4	0,7	15,5
		9	72,0	72,6	71,6	72,1	0,5	22,0
	Cânfora	4	111,0	116,0	121,8	116,3	5,4	6,2
		9	103,8	101,0	109,5	104,8	4,3	7,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 139:** Resultados do ponto de fulgor do biodiesel de gordura suína – B100 – sem aditivo e aditivado com diferentes aditivos e em diferentes concentrações.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Biodiesel de gordura suína	Nenhum	0	126,0	124,8	119	123,3	3,7	**
	Limoneno	4	120,6	125,0	120	121,9	2,7	0,7
		9	89,6	87,9	92,6	90,0	2,4	9,7
	X1200	4	78,0	80,0	79,5	79,2	1,0	17,8
		9	68,0	65,0	63,0	65,3	2,5	52,8
	Terebentina	4	80,0	78,0	75,0	77,7	2,5	54,8
		9	69,0	68,0	65,0	67,3	2,1	57,8
	Cânfora	4	78,7	76,7	80,2	78,5	1,8	15,0
		9	74,0	76,7	72,6	74,4	2,1	29,5

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o biodiesel isento de aditivo. \*\*Não foram comparados pois o biodiesel sem aditivo foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 140:** Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de soja, milho, canola, girassol e gordura suína – BX – sem aditivos.

Origem	Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
Diesel Petróleo	B0	0	38,5	40,6	41,2	40,1	1,4	**
Óleo de canola	B5	5	42,0	43,0	42,6	42,5	0,5	4,0
	B10	10	43,0	43,6	44,0	43,5	0,5	6,4
	B20	20	46,0	48,0	48,6	47,5	1,4	22,3
	B50	50	64,8	69,8	71,7	68,8	3,6	23,1
Óleo de milho	B5	5	45,0	44,7	45,0	44,9	0,2	5,6
	B10	10	46,0	47,0	46,7	46,6	0,5	11,2
	B20	20	49,0	48,0	47,0	48,0	1,0	5,7
	B50	50	58,8	64,8	60,7	61,4	3,1	14,7
Gordura suína	B5	5	41,8	42,4	42,6	42,3	0,4	3,7
	B10	10	41,6	43,3	44,0	43,0	1,2	23,9
	B20	20	42,6	46,6	44,6	44,6	2,0	5,8
	B50	50	62,8	67,8	71,8	67,5	4,5	15,0
Óleo de soja	B5	5	45,0	42,0	44,0	43,7	1,5	2,3
	B10	10	41,6	43,6	44,0	43,1	1,3	33,6
	B20	20	42,6	46,6	44,6	44,6	2,0	5,8
	B50	50	62,8	66,8	58,8	62,8	4,0	8,7
Óleo de girassol	B5	5	46,0	46,6	45,0	45,9	0,8	5,4
	B10	10	46,0	47,0	47,6	46,9	0,8	18,5
	B20	20	47,6	48,0	49,0	48,2	0,7	15,8
	B50	50	72,8	70,0	71,7	71,5	1,4	21,2

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o diesel isento de aditivos ou biodiesel. \*\*Não foram comparados pois o diesel foi a referência utilizada nas comparações. \*\*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.



**Tabela 141:** Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de soja – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel na mistura	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	5	9	Limoneno	0,45	46,0	45,6	46,6	46,1	0,5	7,7
B10	10			0,9	47,0	48,0	48,6	47,9	0,8	21,2
B20	20			1,8	48,6	49,3	48,8	48,9	0,4	12,2
B50	50			4,5	64,7	66,8	70,3	67,3	2,8	28,1
B5	5	9	Terebentina	0,45	50,6	49,5	51,2	50,4	0,9	11,0
B10	10			0,9	48,5	47,6	46,0	47,4	1,3	4,8
B20	20			1,8	47,1	47,0	46,6	46,9	0,3	7,2
B50	50			4,5	60,3	66,8	64,5	63,9	3,3	18,4
B5	5	9	X1200	0,45	47,0	46,6	46,0	46,5	0,5	5,9
B10	10			0,9	46,6	48,0	47,7	47,4	0,7	15,8
B20	20			1,8	48,6	51,0	49,6	49,7	1,2	15,5
B50	50			4,5	71,8	73,7	72,5	72,7	1,0	51,2
B5	5	9	Canfora	0,45	47,0	47,7	46,0	46,9	0,9	6,3
B10	10			0,9	47,7	48,6	48,0	48,1	0,5	11,5
B20	20			1,8	49,0	50,0	50,6	49,9	0,8	26,6
B50	50			4,5	70,8	71,7	73,5	72,0	1,4	79,7

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o diesel isento de aditivos ou biodiesel. \*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 142:** Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de milho – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel na mistura	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	5	9	Limoneno	0,45	45,6	45,0	44,9	45,2	0,4	4,9
B10	10			0,9	46,0	48,7	47,3	47,3	1,4	12,2
B20	20			1,8	49,7	48,5	50,3	49,5	0,9	9,7
B50	50			4,5	67,8	69,7	71,3	69,6	1,8	96,6
B5	5	9	Terebentina	0,45	44,6	44,3	44,0	44,3	0,3	4,3
B10	10			0,9	46,6	45,6	46,1	46,1	0,5	5,7
B20	20			1,8	45,6	46,0	46,0	45,9	0,2	8,4
B50	50			4,5	60,8	65,7	63,0	63,2	2,5	22,5
B5	5	9	X1200	0,45	45,0	48,0	47,7	46,9	1,7	22,7
B10	10			0,9	47,0	45,6	46,0	46,2	0,7	5,1
B20	20			1,8	46,8	45,5	45,1	45,8	0,9	4,3
B50	50			4,5	63,8	65,8	64,0	64,5	1,1	29,9
B5	5	9	Canfora	0,45	44,7	45,6	46,5	45,6	0,9	15,3
B10	10			0,9	47,7	48,8	48,0	48,2	0,6	11,6
B20	20			1,8	48,9	50,0	50,2	49,7	0,7	23,1
B50	50			4,5	60,0	63,8	66,7	63,5	3,4	20,2

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o diesel isento de aditivos ou biodiesel. \*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 143:** Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de canola – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel na mistura	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	5	9	Limoneno	0,45	45,6	46,0	46,6	46,1	0,5	10,5
B10	10			0,9	47,8	48,6	49,0	48,5	0,6	17,8
B20	20			1,8	52,6	53,0	50,6	52,1	1,3	8,7
B50	50			4,5	70,8	73,8	75,7	73,4	2,5	52,2
B5	5	9	Terebentina	0,45	43,0	42,0	43,7	42,9	0,9	3,1
B10	10			0,9	43,7	44,0	45,0	44,2	0,7	7,6
B20	20			1,8	45,0	43,7	46,0	44,9	1,2	4,9
B50	50			4,5	60,7	61,0	63,8	61,8	1,7	32,1
B5	5	9	X1200	0,45	44,0	43,0	43,0	43,3	0,6	2,8
B10	10			0,9	43,7	44,0	44,7	44,1	0,5	6,9
B20	20			1,8	45,6	46,0	47,6	46,4	1,1	12,8
B50	50			4,5	71,8	74,0	76,8	74,2	2,5	45,4
B5	5	9	Canfora	0,45	44,0	43,8	45,8	44,5	1,1	6,6
B10	10			0,9	45,8	47,7	46,0	46,5	1,0	8,0
B20	20			1,8	48,8	49,7	50,7	49,7	1,0	27,3
B50	50			4,5	71,8	75,8	77,0	74,9	2,7	46,1

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o diesel isento de aditivos ou biodiesel. \*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 144:** Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de óleo de girassol – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel na mistura	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	5	9	Limoneno	0,45	48,0	47,0	47,0	47,3	0,6	6,3
B10	10			0,9	48,0	47,5	48,2	47,9	0,4	9,2
B20	20			1,8	48,6	48,8	47,8	48,4	0,5	8,2
B50	50			4,5	66,8	68,7	69,5	68,3	1,4	423,5
B5	5	9	Terebentina	0,45	46,0	47,0	46,6	46,5	0,5	10,6
B10	10			0,9	47,0	46,6	47,6	47,1	0,5	9,0
B20	20			1,8	49,0	48,2	48,6	48,6	0,4	8,5
B50	50			4,5	60,8	62,0	63,7	62,2	1,5	65,2
B5	5	9	X1200	0,45	46,0	47,0	46,6	46,5	0,5	10,6
B10	10			0,9	47,2	47,6	46,6	47,1	0,5	7,4
B20	20			1,8	50,2	49,6	49,8	49,9	0,3	10,0
B50	50			4,5	62,8	64,3	65,7	64,3	1,5	100,5
B5	5	9	Canfora	0,45	43,8	42,8	42,8	43,1	0,6	2,6
B10	10			0,9	45,8	47,8	44,8	46,1	1,5	5,0
B20	20			1,8	48,8	50,7	51,2	50,2	1,3	114,9
B50	50			4,5	61,8	66,5	66,7	65,0	2,8	30,8

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o diesel isento de aditivos ou biodiesel. \*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

**Tabela 145:** Resultados do ponto de fulgor das misturas diesel-biodiesel de gordura suína – BX – com diferentes concentrações de biodiesel e aditivado à 9% v/v com diferentes aditivos.

Mistura diesel-biodiesel	% (v/v) biodiesel na mistura	% (v/v) aditivo no biodiesel	Aditivo	% (v/v) aditivo na mistura	Temp. / °C	Temp. / °C	Temp. / °C	Média /°C	Desvio Padrão	*Teste t Student (pareado)
B5	5	9	Limoneno	0,45	45,0	46,6	47,0	46,2	1,1	29,3
B10	10			0,9	46,0	47,0	48,6	47,2	1,3	20,2
B20	20			1,8	47,6	48,8	50,0	48,8	1,2	32,9
B50	50			4,5	60,8	63,8	65,7	63,4	2,5	36,5
B5	5	9	Terebentina	0,45	42,0	44,0	43,0	43,0	1,0	5,3
B10	10			0,9	44,0	43,0	44,0	43,7	0,6	3,7
B20	20			1,8	44,7	43,7	44,0	44,1	0,5	3,7
B50	50			4,5	58,8	57,5	55,8	57,4	1,5	10,4
B5	5	9	X1200	0,45	44,0	43,0	44,2	43,7	0,6	3,8
B10	10			0,9	43,0	44,0	43,7	43,6	0,5	6,0
B20	20			1,8	41,7	42,7	43,0	42,5	0,7	5,6
B50	50			4,5	48,8	51,1	53,6	51,2	2,4	16,5
B5	5	9	Canfora	0,45	46,0	45,0	45,7	45,6	0,5	5,4
B10	10			0,9	47,0	47,2	48,0	47,4	0,5	12,1
B20	20			1,8	46,7	47,7	48,7	47,7	1,0	23,6
B50	50			4,5	60,8	63,8	65,7	63,4	2,5	36,5

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os resultados com os valores obtidos para o diesel isento de aditivos ou biodiesel. \*\* O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

## **8.9. APÊNCIDE 9: ASTM D2500 - MÉTODO PADRÃO PARA DETERMINAÇÃO DO PONTO DE NÚVEM DE PRODUTOS DE PETRÓLEO (ASTM D2500, 2011).**

### Escopo:

Método que trata apenas de biodiesel e produtos derivados de petróleo que são transparentes em camadas inferiores a 40 mm de espessura. O ponto de nuvem deve ser inferior a 49°C.

### Resumo da metodologia:

A amostra é resfriada em uma razão específica e verificada periodicamente. A temperatura na qual é observada a formação de partículas no fundo do frasco de teste corresponde ao ponto de nuvem.

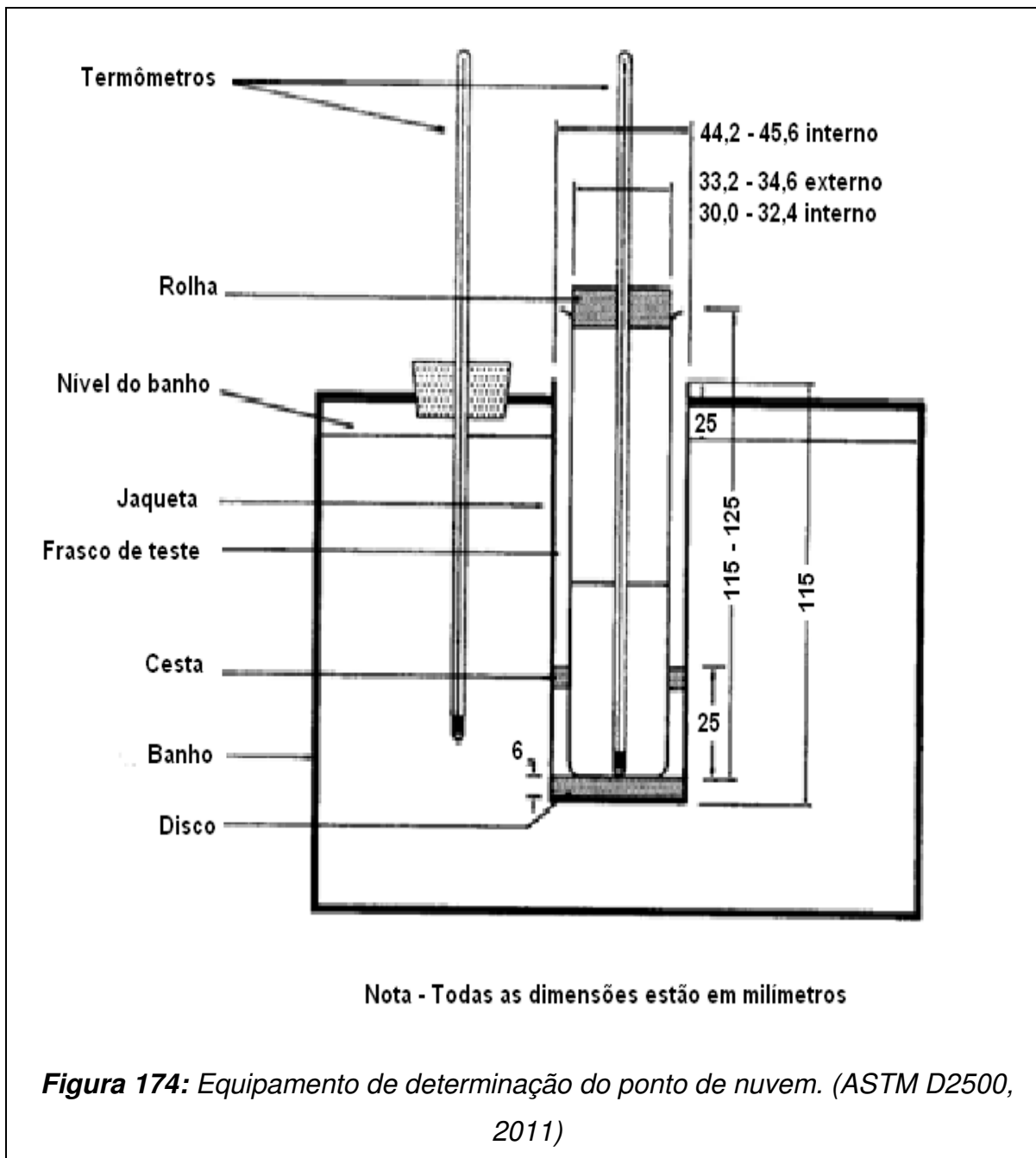
### Uso e significância:

Usado em diesel, biodiesel e suas misturas como um índice da temperatura mais baixa que possibilita o uso do combustível em certas aplicações.

### Equipamento:

O frasco de teste é um cilindro de vidro com fundo chato, com diâmetro externo de 33,2 a 34,8 mm e diâmetro altura de 115 a 125 mm. O diâmetro interno do cilindro deve estar entre 30 a 32,4 mm, com uma espessura não maior que 1,6 mm. Existe uma linha de marcação para indicar a altura da amostra em 3 mm do fundo.

O frasco de teste está mergulhado em uma jaqueta para resfriamento, em posição vertical no banho de resfriamento. O banho de resfriamento é formado por acetona, nafta e gelo seco (dióxido de carbono sólido). A figura 174 apresenta um equipamento de ponto de nuvem.



Procedimento:

A amostra deve estar em temperatura ambiente (acima de 14°C) e também acima do ponto de nuvem, Deve-se garantir que não exista nenhuma umidade presente.

Inserir a amostra no equipamento até a marca. O cilindro de teste deve ser fechado com uma tampa, colocando o termômetro em contato com a amostra. O outro termômetro precisa estar em contato com o banho de resfriamento. Colocar o cilindro teste dentro do banho de resfriamento.

A cada redução de 1°C remova rapidamente o cilindro do banho de resfriamento, sem causar distúrbio na amostra, inspecione e o recoloque no banho (operação deve levar no máximo 3 segundos).

Se a amostra não apresentar a formação de nuvem, ela deve ser reconduzida ao banho de resfriamento. O ponto de nuvem é observado, com erro de 1°C, quando ocorre a formação de particulados no cilindro de análise,



## 8.10. APÊNDICE 10: COMPARAÇÃO ENTRE O PONTO DE ENTUPIMENTO E A TEMPERATURA DE TURBIDEZ DO BIODIESEL, B100.

**Tabela 146:** Comparação dos resultados do pontos de entupimentos a frio e da temperatura de turbidez obtidos para o biodiesel, B100, isento do uso de aditivos.

Biodiesel de gordura/óleo de	Ponto de entupimento			Temperatura de turbidez			*Teste t Student (pareado)
	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	
Soja	7,0	6,0	6,0	6,5	7,0	6,0	0,4
Milho	12,0	11,0	11,0	12,0	11,5	11,0	1,0
Canola	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	5,5	5,0
Girassol	9,0	9,0	8,0	9,0	8,0	7,0	2,0
Suíno	21,0	22,0	20,0	21,0	20,5	20,0	1,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os valores obtidos para o ponto de entupimento a frio com a temperatura de turbidez (no mesmo biodiesel), \*\*O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30.

## 8.11. APÊNDICE 11: COMPARAÇÃO ENTRE O PONTO DE ENTUPIAMENTO E A TEMPERATURA DE TURBIDEZ DO BIODIESEL, B100, COM DIFERENTES ADITIVOS.

**Tabela 147:** Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de canola, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Ponto de entupimento			Temperatura de turbidez			*Teste t Student (pareado)
			Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	
Biodiesel de óleo de canola	Limoneno	1	-1,0	-2,0	-2,0	5,5	6,0	5,0	16,3
		3	-3,0	-2,0	-3,0	5,0	6,0	7,0	8,7
		5	-3,0	-3,0	-3,0	7,5	8,0	7,5	21,2
		7	-4,0	-3,0	-3,0	6,5	7,0	7,0	61,0
		9	-4,0	-3,0	-4,0	7,0	6,0	6,5	16,9
	X1200	1	-2,0	-2,0	-3,0	5,5	6,0	6,0	18,5
		3	-4,0	-3,0	-3,0	7,0	8,0	6,0	15,5
		5	-4,0	-4,0	-3,0	7,5	7,0	8,0	67,0
		7	-4,0	-5,0	-4,0	7,0	8,0	7,0	17,5
		9	-4,0	-4,0	-5,0	7,5	7,0	8,0	19,7
	Terebentina	1	-1,0	-2,0	-3,0	8,0	7,0	7,5	19,0
		3	-3,0	-4,0	-4,0	7,0	8,0	7,0	19,1
		5	-4,0	-4,0	-3,0	5,5	6,0	5,0	15,3
		7	-3,0	-4,0	-4,0	6,5	6,0	7,0	23,1
		9	-4,0	-4,0	-3,0	8,0	9,0	7,0	13,2
	Canfora	1	-3,0	-2,0	-2,0	13,0	14,0	15,0	49,0
		3	-4,0	-3,0	-3,0	7,0	6,5	6,5	20,0
		5	-3,0	-4,0	-3,0	6,0	6,0	5,5	34,6
		7	-4,0	-4,0	-3,0	5,5	6,5	6,0	21,9
		9	-4,0	-4,0	-4,0	6,5	5,5	5,5	29,5

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os valores obtidos para o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez (na mesma concentração de aditivo). \*\*O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30,

**Tabela 148:** Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de girassol, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Ponto de entupimento			Temperatura de turbidez			*Teste t Student (pareado)
			Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	
Biodiesel de óleo de girassol	Limoneno	1	7,0	6,0	5,0	8,0	7,0	7,5	3,0
		3	0,0	0,0	1,0	5,0	5,5	6,0	31,0
		5	-1,0	-2,0	-1,0	5,5	5,0	6,0	41,0
		7	-2,0	-1,0	-2,0	6,0	5,5	5,5	16,6
		9	-3,0	-3,0	-3,0	5,0	6,0	5,5	29,4
	X1200	1	6,0	8,0	7,0	6,5	7,0	6,5	0,8
		3	0,0	0,0	1,0	5,0	5,5	5,5	17,3
		5	-1,0	0,0	0,0	5,5	5,5	5,0	12,9
		7	-1,0	-1,0	-1,0	5,5	5,0	5,5	38,0
		9	-1,0	-2,0	-2,0	6,0	6,0	5,0	22,0
	Terebentina	1	6,0	6,0	6,0	6,5	6,5	6,0	2,0
		3	0,0	-1,0	0,0	5,5	5,0	5,5	34,0
		5	-2,0	-3,0	-1,0	5,5	5,5	5,0	10,1
		7	-3,0	-2,0	-2,0	5,5	5,5	5,0	17,4
		9	-4,0	-3,0	-2,0	5,5	5,5	5,0	11,5
	Canfora	1	6,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,5	1,7
		3	2,0	3,0	4,0	5,5	5,5	5,0	3,2
		5	2,0	3,0	3,0	6,0	6,0	5,0	5,2
		7	2,0	1,0	2,0	5,0	6,0	6,0	6,9
		9	1,0	1,0	2,0	5,0	5,5	5,5	13,9

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os valores obtidos para o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez (na mesma concentração de aditivo). \*\*O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30,

**Tabela 149:** Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de milho, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Ponto de entupimento			Temperatura de turbidez			*Teste t Student (pareado)
			Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	
Biodiesel de óleo de milho	Limoneno	1	9,0	9,0	9,0	7,0	7,0	6,0	7,0
		3	7,0	7,0	8,0	6,0	7,0	7,0	2,0
		5	6,0	5,0	5,0	6,5	7,0	6,0	2,6
		7	4,0	5,0	4,0	8,5	8,0	8,0	8,7
		9	4,0	4,0	3,0	7,0	6,0	6,5	6,4
	X1200	1	7,0	7,0	7,0	5,0	6,0	6,5	2,6
		3	5,0	5,0	6,0	6,0	8,0	7,0	2,5
		5	4,0	5,0	5,0	7,0	8,0	6,0	3,5
		7	4,0	4,0	4,0	6,5	7,0	6,0	8,7
		9	4,0	4,0	3,0	10,0	9,0	9,0	17,0
	Terebentina	1	8,0	8,0	8,0	5,0	6,0	6,0	7,0
		3	7,0	6,0	7,0	6,0	7,0	6,5	0,3
		5	5,0	5,0	5,0	7,0	6,5	7,5	6,9
		7	4,0	4,0	3,0	6,0	6,5	6,5	6,0
		9	2,0	2,0	3,0	8,0	7,0	8,0	16,0
	Canfora	1	8,0	7,0	8,0	7,5	5,5	6,5	3,5
		3	7,0	7,0	8,0	6,0	5,5	7,5	3,5
		5	7,0	6,0	7,0	6,0	6,5	5,5	1,1
		7	6,0	6,0	6,0	7,0	8,0	6,5	2,6
		9	5,0	6,0	5,0	9,5	9,0	8,0	7,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os valores obtidos para o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez (na mesma concentração de aditivo). \*\*O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30,

**Tabela 150:** Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de óleo de soja, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Ponto de entupimento			Temperatura de turbidez			*Teste t Student (pareado)
			Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	
Biodiesel de óleo de soja	Limoneno	1	4,0	3,0	4,0	5,0	6,0	5,5	3,1
		3	1,0	2,0	2,0	6,0	6,0	5,0	6,9
		5	1,0	2,0	1,0	7,0	7,0	6,0	16,0
		7	0,0	0,0	1,0	8,0	7,5	7,0	11,9
		9	-1,0	-1,0	0,0	7,0	6,0	7,0	22,0
	X1200	1	3,0	3,0	3,0	8,5	9,0	8,0	19,1
		3	1,0	1,0	0,0	12,0	10,0	11,0	15,5
		5	-2,0	-2,0	-1,0	7,0	7,0	6,5	17,0
		7	-3,0	-3,0	-2,0	5,5	6,0	5,0	13,6
		9	-4,0	-5,0	-3,0	9,0	8,0	8,0	18,5
	Terebentina	1	4,0	5,0	3,0	6,0	6,0	6,0	3,5
		3	0,0	1,0	1,0	7,0	6,0	7,0	10,4
		5	0,0	-1,0	0,0	7,0	8,0	7,0	11,5
		7	-2,0	-1,0	-1,0	5,0	5,5	5,0	22,5
		9	-2,0	-2,0	-3,0	5,0	6,0	7,0	9,4
	Canfora	1	5,0	6,0	4,0	7,0	6,0	6,5	2,0
		3	3,0	4,0	4,0	7,5	7,5	8,0	13,9
		5	3,0	3,0	3,0	10,0	11,0	9,0	12,1
		7	2,0	2,0	3,0	11,0	10,0	9,0	8,7
		9	1,0	2,0	1,0	10,0	9,0	9,5	13,6

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os valores obtidos para o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez (na mesma concentração de aditivo). \*\*O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30,

**Tabela 151:** Comparação entre os resultados dos pontos de entupimentos a frio e das temperaturas de turbidez para o biodiesel de gordura suína, B100, aditivado com diferentes aditivo, e com diferentes concentrações de aditivos.

Material	Aditivo	% (v/v) aditivo no biodiesel	Ponto de entupimento			Temperatura de turbidez			*Teste t Student (pareado)
			Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	Temp. /°C	
Biodiesel de gordura suína	Limoneno	1	20,0	19,0	19,0	20,0	21,0	21,0	2,0
		3	16,0	17,0	15,0	21,0	21,0	20,0	14,0
		5	14,0	15,0	15,0	20,0	21,0	20,5	35,0
		7	13,0	12,0	13,0	18,0	17,0	17,5	29,0
		9	12,0	12,0	13,0	15,0	16,0	15,0	5,2
	X1200	1	20,0	20,0	19,0	21,0	20,0	19,0	1,0
		3	15,0	16,0	16,0	15,5	14,5	15,0	1,1
		5	15,0	15,0	14,0	14,0	16,0	15,0	0,5
		7	14,0	15,0	13,0	15,0	16,5	14,0	7,0
		9	12,0	14,0	13,0	15,0	14,5	16,0	2,6
	Terebentina	1	16,0	15,0	17,0	22,5	21,0	20,5	5,7
		3	14,0	14,0	13,0	21,0	19,5	20,5	11,1
		5	13,0	12,0	13,0	18,0	19,0	17,0	6,0
		7	11,0	11,0	12,0	14,0	15,0	16,5	8,7
		9	11,0	12,0	12,0	15,0	15,0	14,5	7,2
	Canfora	1	15,0	13,0	14,0	14,0	15,0	16,0	1,0
		3	14,0	14,0	13,0	15,0	15,5	14,5	8,0
		5	13,0	14,0	14,0	15,0	16,0	14,0	2,0
		7	13,0	13,0	14,0	14,0	15,0	16,2	4,7
		9	13,0	14,0	13,0	16,0	15,5	14,5	4,0

\*Teste t pareado de Student foi realizado comparando-se os valores obtidos para o ponto de entupimento a frio e a temperatura de turbidez (na mesma concentração de aditivo). \*\*O valor do t crítico para dois graus de liberdade (duas caldas) é 4,30,