



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FT – FACULDADE DE TECNOLOGIA



LETÍCIA DE JESUS FERREIRA

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE
HIDROCARBONETOS COM ORGANISMOS DA FAUNA
EDÁFICA

Ecotoxicological evaluation of hydrocarbons with edafic fauna
organisms

LIMEIRA - SP

2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FT – FACULDADE DE TECNOLOGIA



LETÍCIA DE JESUS FERREIRA

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE
HIDROCARBONETOS COM ORGANISMOS DA FAUNA
EDÁFICA**

Defesa apresentada à Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/UNICAMP), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra, em Tecnologia na área de Ambiente.

Orientadora: Prof^ª. Dr.^a. Cassiana Maria Reganhan Coneglian

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida pela aluna Letícia de Jesus Ferreira, orientada pela Prof.^a Dr.^a Cassiana Maria Reganhan Coneglian.

LIMEIRA - SP

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Felipe de Souza Bueno - CRB 8/8577

F413a Ferreira, Letícia de Jesus, 1995-
Avaliação ecotoxicológica de hidrocarbonetos com organismos da fauna edáfica / Letícia de Jesus Ferreira. – Limeira, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Cassiana Maria Reganhan Coneglian.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia.

1. Invertebrados do solo. 2. Solos - Poluição. 3. Hidrocarbonetos. 4. Toxicologia ambiental. I. Reganhan-Coneglian, Cassiana Maria, 1970-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Ecotoxicological evaluation of hydrocarbons with edafic fauna organisms

Palavras-chave em inglês:

Soil invertebrates

Soil pollution

Hydrocarbons

Environmental toxicology

Área de concentração: Ambiente

Titulação: Mestra em Tecnologia

Banca examinadora:

Cassiana Maria Reganhan Coneglian [Orientador]

Marta Siviero Guilherme Pires

Ana Paula Justiniano Régio

Data de defesa: 19-07-2021

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-4666-4964>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/7101749837938021>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Abaixo se apresentam os membros da comissão julgadora da sessão pública de defesa de dissertação para o Título de Mestra em Tecnologia na área de concentração de Ambiente, a que submeteu a aluna Letícia de Jesus Ferreira, em 19 de julho de 2021 na Faculdade de Tecnologia- FT/ UNICAMP, em Limeira/SP.

Prof.^a Dr.^a Cassiana Maria Reganhan Coneglian

Presidente da Comissão Julgadora

Prof.^a Dr.^a Marta Siviero Guilherme Pires

Faculdade de Tecnologia- UNICAMP

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Justiniano Régo

Justy BioSolutions Ltda

Ata de defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria de pós-Graduação da FT.

*Dedico este trabalho a todos que me
apoiaram e de alguma forma contribuíram
para que eu chegasse até aqui, obrigada!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado à oportunidade de realizar a pós-graduação em uma Universidade conceituada. A Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) que por meio do seu corpo docente e infraestrutura, possibilitou minha pesquisa. Aos meus pais, que sempre me guiaram para o caminho do conhecimento me incentivando e apoiando em mais uma etapa.

Agradeço também, aos professores que sempre estiveram dispostos a nos ajudar e contribuir com nosso aprendizado, em especial, minha orientadora Prof.^a. Dr.^a Cassiana Maria Reganhan Coneglian, que me proporcionou esta oportunidade e me acompanhou durante todo este ano, me dando todo o auxílio necessário para a realização deste trabalho

Agradeço minha amiga Juliana Jacomini Oliveira, do Laboratório, por todo o suporte, ensinamento, paciência e carinho.

E por fim, a todas as pessoas, que me acompanharam neste tempo, torcendo por meu sucesso e êxito acadêmico.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

*Não importa se a dificuldade é grande demais, o que interessa é a determinação ser
ainda maior (Charles Chaplin).*

RESUMO

A contaminação por hidrocarbonetos provenientes do petróleo é um assunto amplamente discutido, visto o vasto conhecimento científico acerca dos danos que ele pode causar ao meio ambiente e à saúde humana. Diante das inúmeras áreas contaminadas principalmente no Estado de São Paulo, e sendo os postos de comercialização de combustíveis os responsáveis por 73,65% dessas áreas, torna-se fundamental estudos que avaliem os danos ambientais provocados por este tipo de contaminação no solo. A avaliação ecotoxicológica tem sido utilizada como ferramenta importante para avaliar a qualidade do solo, mediante testes de toxicidade com invertebrados da fauna edáfica como bioindicadores, por serem organismos encontrados em elevada densidade e serem responsáveis por funções importantíssimas e indispensáveis ao ecossistema do solo. Esses organismos apresentam respostas rápidas e possuem sensibilidade à presença de substâncias químicas xenobióticas. Deste modo, esse trabalho se propôs avaliar o impacto da presença de hidrocarbonetos no solo (gasolina e óleo diesel), mediante testes de toxicidade, utilizando os organismos da fauna edáfica *Enchytraeus crypticus* e *Folsomia candida* em solo natural (SN) latossolo vermelho e em solo artificial tropical (SAT). Nos resultados obtidos através dos testes utilizando diferentes concentrações dos hidrocarbonetos, verificou-se que em maiores concentrações do contaminante, houve diminuição da reprodução dos organismos, e a gasolina se mostrou mais tóxica para esses organismos em comparação com o óleo diesel, levando a letalidade a partir de 0,1 ml/kg. Em relação as concentrações de efeito observado, o valor de CE50 e CE20 nos testes com *F. candida*, foi maior do que para *E. crypticus*, isto ocorreu, pois houve uma menor reprodução dos enquitreídeos em relação aos colêmbolos, devido serem mais sensíveis a esse contaminante. Todos os testes realizados apresentaram resultados estatisticamente significativos. Conclui-se que as divulgações desses dados são importantes, pois, por mais que haja legislações que garantam a proteção do solo, as fiscalizações por parte do poder público devem ser reforçadas, além disso, é necessário o incentivo a projetos de educação ambiental, como forma de expandir a importância da preservação ambiental, principalmente em locais com potencial causador de poluição.

Palavras-chave: invertebrados do solo, solos - poluição, hidrocarbonetos, toxicologia ambiental.

ABSTRACT

Contamination by hydrocarbons from petroleum is a widely discussed subject, given the vast scientific knowledge about the damage it can cause to the environment and human health. In view of the numerous contaminated areas, mainly in the State of São Paulo, and the fuel commercialization stations being responsible for 73.65% of these areas, it is essential to carry out studies that assess the environmental damage caused by this type of contamination in the soil. Ecotoxicological assessment has been used as an important tool to assess soil quality, through toxicity tests with soil fauna invertebrates as bioindicators, as they are organisms found in high density and are responsible for extremely important and indispensable functions for the soil ecosystem. These organisms show rapid responses and are sensitive to the presence of xenobiotic chemicals. Thus, this work proposed to evaluate the impact of the presence of hydrocarbons in the soil (gasoline and diesel oil), through toxicity tests, using the organisms of the edaphic fauna *Enchytraeus crypticus* and *Folsomia candida* in natural soil (SN) latosol and in soil tropical artificial (SAT). In the results obtained through the tests using different concentrations of hydrocarbons, it was found that at higher concentrations of the contaminant, there was a reduction in the reproduction of organisms, and gasoline was more toxic to these organisms compared to diesel oil, leading to lethality to from 0.1 ml/kg. Regarding the observed effect concentrations, the EC50 and EC20 values in the tests with *F. candida* were higher than for *E. crypticus*, this occurred because there was a lower reproduction of enchytraeids compared to springtails, as they are more sensitive to that contaminant. All tests performed showed statistically significant results. It is concluded that the disclosure of these data is important, because, despite the fact that there are laws that guarantee the protection of the soil, inspections by the government must be strengthened, in addition, it is necessary to encourage environmental education projects, such as way of expanding the importance of environmental preservation, especially in places with potential to cause pollution.

Keywords: soil invertebrates, soil - pollution, hydrocarbons, environmental toxicology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Torre de destilação de petróleo	20
Figura 2. Aspecto geral de <i>Enchytraeus crypticus</i> em cultura	26
Figura 3. Morfologia dos anelídeos	26
Figura 4. Morfologia dos colêmbolos.	27
Figura 5. Aspecto geral do <i>Folsomia candida</i>	28
Figura 6. Placa de Petri com o cultivo dos <i>E. crypticus</i>	35
Figura 7. Organismos adultos prontos para a reprodução (a), Adultos e os ovos (b) e sincronização dos ovos (c)	35
Figura 8. Esquema de contaminação do solo com gasolina e óleo diesel utilizados nos testes com <i>F.candida</i>	34
Figura 9. Esquema de contaminação do solo com gasolina e óleo diesel utilizados nos testes com <i>F.candida</i> e <i>E.crypticus</i>	35
Figura 10. Contraste dos organismos na água para a contagem(a) Divisão em Quadrantes(b) .	37
Figura 11. Contagem manual do <i>E. crypticus</i>	37
Figura 12. Resultado do teste de toxicidade da gasolina p/ <i>F.candida</i> em solo SAT	40
Figura 13. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel p/ <i>F.candida</i> em solo SAT	41
Figura 14. Resultado do teste de toxicidade da gasolina p/ <i>F.candida</i> em SN	43
Figura 15. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel p/ <i>F.candida</i> em SN	44
Figura 16. Resultado do teste de toxicidade da gasolina p/ <i>F.candida</i> em solo SAT	46
Figura 17. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel p/ <i>F.candida</i> em solo SAT	47
Figura 18. Resultado do teste de toxicidade da gasolina p/ <i>E.crypticus</i> em solo SAT	49
Figura 19. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel p/ <i>E.crypticus</i> em solo SAT	50
Figura 20. Comparação dos testes de toxicidade da gasolina para <i>F.candida</i> e <i>E.crypticus</i>	51
Figura 21. Comparação dos testes de toxicidade do óleo diesel para <i>F.candida</i> e <i>E.crypticus</i> .	52

APÊNDICE A

Figura 22. Curva de dose-resposta e equação da reta do teste de sensibilidade com H_3BO_3 para <i>F. candida</i>	63
Figura 23. Curva de dose-resposta e equação da reta do teste de sensibilidade com H_3BO_3 para <i>E. crypticus</i>	64

APÊNDICE B

Figura 24. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 1	65
Figura 25. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 2	65
Figura 26. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 3	65
Figura 27. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 4	66
Figura 28. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 5	66
Figura 29. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 6	66
Figura 30. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 7	67
Figura 31. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 8	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de prevenção e intervenção dos hidrocarbonetos aromáticos voláteis em solo e água, presentes na Decisão de Diretoria nº 256/2016.....	23
Tabela 2. Características físico-químicas do solo natural tropical (Broa)	32
Tabela 3. Testes, concentrações, contaminantes organismos e solos utilizados	36
Tabela 4. Resultado do nº <i>F.candida</i> avaliado nas quatro repetições e concentrações de gasolina (ml/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias	40
Tabela 5. Resultado do nº <i>F. candida</i> avaliado nas quatro repetições e concentrações de óleo diesel (ml/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias	42
Tabela 6. Resultado do nº <i>F. candida</i> avaliado nas quatro repetições e concentrações de gasolina (ml/Kg) em solo natural, expostos durante o período de 28 dias	43
Tabela 7. Resultado do nº <i>F. candida</i> avaliado nas quatro repetições e concentrações de óleo diesel (ml/Kg) em solo natural, expostos durante o período de 28 dias.	44
Tabela 8. Resultado do nº <i>F. candida</i> avaliado nas cinco repetições e concentrações de gasolina (ml/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias.	46
Tabela 9. Resultado do nº <i>F. candida</i> avaliado nas cinco repetições e concentrações de óleo diesel (ml/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias.....	48
Tabela 10. Resultado do nº <i>E. crypticus</i> avaliado nas cinco repetições e concentrações de gasolina (ml/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 21 dias.....	49
Tabela 11. Resultado do nº <i>E. crypticus</i> avaliado nas cinco repetições e concentrações de óleo diesel (ml/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 21 dias.	50
APÊNDICE A	
Tabela 12. Resultado das médias de <i>F. candida</i> por concentração de H ₃ BO ₃ e coeficiente de variação	62
Tabela 13. Resultado das médias de <i>E. crypticus</i> por concentração de H ₃ BO ₃ e coeficiente de variação	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo Geral	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Hidrocarbonetos Aromáticos	18
3.2. Petróleo e seus derivados	19
3.3. Contaminação em Postos de Combustíveis	21
3.4. Legislações Ambientais e Remediação de Áreas Contaminadas	22
3.5. Qualidade do Solo e Bioindicadores	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1. MATERIAIS	30
4.1.1. Organismos Teste	30
4.1.2. Manutenção e Cultivo de <i>Enchytraeus crypticus</i>	30
4.1.3. Manutenção e Cultivo <i>Folsomia candida</i>	31
4.1.4. Amostras de Solo	32
4.1.5. Amostras de hidrocarbonetos: gasolina e óleo diesel	32
4.1.6. Equipamentos e Vidrarias	33
4.2. MÉTODOS	33
4.2.1 Teste de Sensibilidade	33
4.2.2 Contaminação do Solo	34
4.2.3. Testes de toxicidade com <i>F. candida</i> e quantificação	36
4.2.4. Testes de toxicidade com <i>E. crypticus</i> e quantificação	37
4.2.4. Análise Estatística	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1. Resultado do teste de sensibilidade com <i>F.candida</i> e <i>E.crypticus</i>	39
5.2. Resultado dos testes de toxicidade	39
5.2.1. Resultados do teste de toxicidade da gasolina em solo SAT utilizando <i>F.candida</i>	39
5.2.2. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel em solo SAT utilizando <i>F.candida</i>	41
5.2.3. Resultado do teste de toxicidade da gasolina em SN utilizando <i>F.candida</i>	42
5.2.4. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel em SN utilizando <i>F.candida</i>	44
5.2.5. Resultado do teste de toxicidade da gasolina em solo SAT utilizando <i>F. candida</i>	46
5.2.6. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel em solo SAT utilizando <i>F. candida</i>	47
5.2.7. Resultado do teste de toxicidade da gasolina em solo SAT utilizando <i>E. crypticus</i>	48
5.2.8. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel em solo SAT utilizando <i>E. crypticus</i>	49
6. CONCLUSÃO	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

8. APÊNDICE A 62

9. APÊNDICE B 65

10. APÊNDICE C 67

1. INTRODUÇÃO

Com advento das indústrias e a evolução dos seus processos e o consequente aparecimento de inúmeros produtos indispensáveis à humanidade, a atividade industrial tornou-se um segmento essencial na sociedade contemporânea. Em contrapartida, para a manutenção das atividades industriais, o uso do petróleo e seus derivados se intensificaram, ocasionando muitas vezes, graves impactos ambientais.

A indústria petroquímica é a principal responsável pela contaminação de solos e águas subterrâneas por vazamento ou derramamento de combustíveis (BIERMANN, 2018), que ocorrem no momento do seu transporte por navios, caminhões ou dutos, vazamentos provenientes das atividades de exploração, produção e postos de comercialização (SOUZA, 2016).

A maior preocupação pela contaminação por hidrocarbonetos provenientes do petróleo são os danos que ele pode causar ao meio ambiente e à saúde humana, principalmente pela presença dos compostos comumente utilizados pela sociedade, tais como aqueles do grupo do benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno (BTEX), os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA), as bifenilas policloradas (PCB), metais, compostos orgânicos voláteis (COV) dentre outros (HEIDERSCHIEDT *et al.*, 2016).

Quando a qualidade do solo é alterada devido à presença de contaminantes, sua estabilidade e equilíbrio são afetados, e o ecossistema perde sua funcionalidade para manter a produtividade e a qualidade ambiental, assim como a saúde das plantas e dos animais. Assim, uma das principais preocupações são os efeitos sobre a biota, devido as altas concentrações de poluentes no solo causadas pelas atividades antrópicas, que vem progressivamente impactando, contaminando e alterando os habitats naturais e contribuindo negativamente para a manutenção dos serviços ecossistêmicos (BARETTA *et al.*, 2011).

A biota do solo é constituída pela micro, macro e mesofauna, que desempenham uma diversidade de funções nos ecossistemas, como a decomposição da matéria orgânica, mineralização dos nutrientes, controle de pH e umidade o revolvimento e a agregação do solo. (ALVES *et al.*, 2016)

A necessidade de avaliar locais contaminados por hidrocarbonetos e principalmente onde há postos de comercialização de combustíveis, fundamenta-se na importância de se inventariar essas áreas que são consideradas potencial de contaminação

dos solos e águas subterrâneas, podendo até mesmo restringir o uso de poços para abastecimento público instalados nas adjacências. Sendo assim, quando identificada a contaminação, medidas adequadas de remediação poderão ser tomadas, afim de solucionar e minimizar os possíveis danos causados no meio ambiente, principalmente pela publicação da Resolução CONAMA nº 273/2000 (BRASIL, 2000) que estabelece a obrigatoriedade da investigação de passivos ambientais para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços.

Assim, esse trabalho se propôs avaliar o impacto da presença de hidrocarbonetos no solo (gasolina e óleo diesel), mediante testes de toxicidade crônica utilizando os organismos *Enchytraeus crypticus* e *Folsomia candida* em solo natural tropical e solo artificial tropical.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho visou avaliar a toxicidade crônica de hidrocarbonetos no solo mediante a utilização dos biondicadores *Enchytraeus crypticus* e *Folsomia candida*.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a toxicidade crônica dos combustíveis gasolina e óleo diesel em solo natural tropical (latossolo vermelho), utilizando os bioindicadores *Enchytraeus crypticus* e *Folsomia candida*;
- Avaliar a toxicidade crônica dos combustíveis gasolina e óleo diesel em solo artificial tropical (SAT) utilizando os bioindicadores *Enchytraeus crypticus* e *Folsomia candida*.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Hidrocarbonetos Aromáticos

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) são compostos químicos que constituem vários tipos de combustíveis, sendo responsáveis por boa parte da poluição atmosférica. Além disso, as atividades de extração, refino, transporte e utilização do petróleo e seus derivados, são consideradas fontes de contaminação do solo e da água (SOUZA, 2016).

A contaminação por hidrocarbonetos tornou-se uma das grandes preocupações ambientais, uma vez que essas substâncias são muito utilizadas, possuem elevada toxicidade, e apresentam potencial de afetar os animais e também os seres humanos pelo caráter mutagênico e cancerígeno, além de impactar a cadeia alimentar, pela dificuldade de biodegradação e bioacumulação nos organismos com a transferência para outros níveis tróficos (OLIVEIRA, 2015; CARDOSO *et al.*, 2017).

Existem várias formas de HPA que diferem em sua estrutura química específica, mas todos contêm seis anéis de carbono (anéis aromáticos), que são prejudiciais por apresentarem dificuldade de biodegradação acumulando-se no ambiente e nos tecidos do corpo humano (CARDOSO *et al.*, 2017).

Muitos HPA são reconhecidos pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), entretanto, somente 16 são considerados relevantes em função das características físico-químicas, toxicológicas, industriais e ambientais. São eles: acenaftaleno, acenaftileno, antraceno, benzoantraceno, benzopireno, benzofluoranteno, benzopireleno, criseno, dibenzoantraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indenopireno, naftaleno e pireno (OLIVEIRA, 2015; HEIDERSCHEIDT *et al.*, 2016). O benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno são HPA mais abundantes nas frações leves do petróleo, como a gasolina e o óleo diesel (PIRES, 2016).

Quando os HPA atingem o solo, seus componentes podem separar-se em três fases: dissolvida, líquida e gasosa. Uma pequena fração dos componentes da mistura se dissolve na água do lençol freático, a segunda porção líquida, é retida nos espaços porosos do solo e as outras partes do contaminante evaporam dando origem à contaminação atmosférica (CARDOSO *et al.*, 2017).

3.2. Petróleo e seus derivados

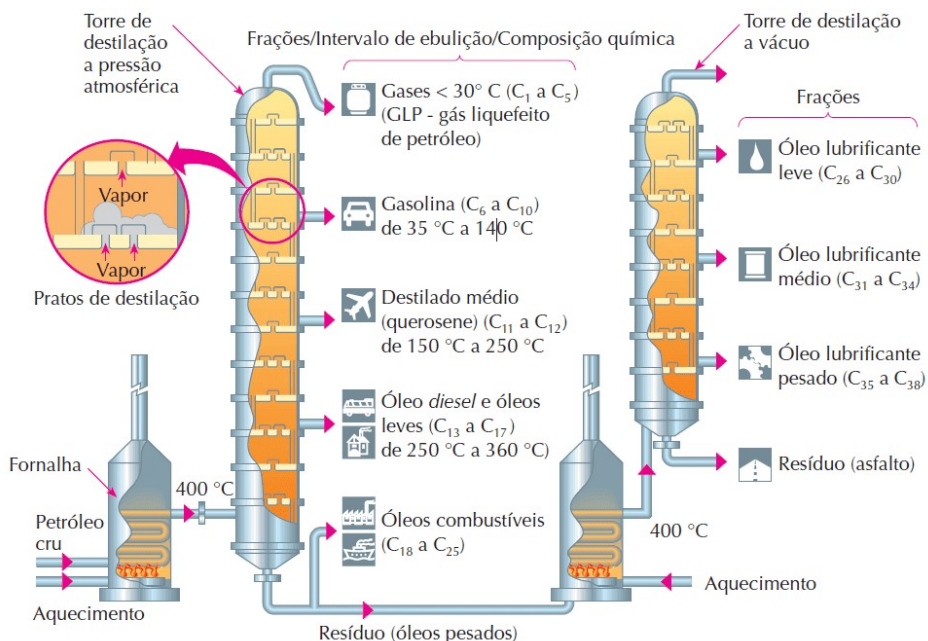
O petróleo é uma importante fonte de energia, e os seus derivados são a matéria prima para a fabricação de inúmeros bens de consumo, essenciais às atividades humanas. A etapa de refino do petróleo é fundamental, pois sem a separação em seus diversos componentes, o petróleo em si, possui pouco ou nenhum valor prático e comercial (BIERMANN, 2018).

Do ponto de vista ambiental, as refinarias de petróleo são grandes geradoras de poluição, afetando a qualidade do ar, água, solo e, conseqüentemente, a todos os seres vivos que habitam o planeta. Elas consomem grandes quantidades de água e de energia, produzem grandes quantidades de efluentes, liberam diversos gases nocivos para a atmosfera e produzem resíduos sólidos de difícil tratamento e disposição (SILVA *et al.*, 2016).

Mesmo com os avanços tecnológicos que ocorreram nos últimos anos, vários dos equipamentos e técnicas de refino utilizadas ao redor do mundo são relativamente ultrapassados. Além disso, as fábricas de refinarias são consideradas perigosas por conter grande quantidade de material inflamável e tóxico. Entretanto, sua importância é fundamental e enquanto não há novas técnicas que substitua a forma atual, as refinarias irão continuar a existir, assim como, as explorações nas reservas de petróleo (NETO, 2010; FERREIRA, 2020).

O petróleo bruto é uma complexa mistura de hidrocarbonetos, que apresenta contaminações variadas de enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais. Neste estado, possui poucas aplicações, e para que o seu potencial energético seja aproveitado ao máximo, ele deve ser submetido a uma série de processos para dar origem a seus diversos derivados (SOUZA, 2016).

Nas refinarias, o petróleo é separado em uma torre de destilação em diversas frações, obtendo-se gasolina, óleo diesel, nafta, dentre outras (SILVA *et al.*, 2016). A partir do processo de craqueamento catalítico da nafta, é possível obter o benzeno, tolueno, xileno e outros derivados, que são utilizados na composição final da gasolina quando necessário (SOUZA, 2016). A Figura 1 apresenta o esquema do processo de refino do petróleo na torre de destilação.

Figura 1. Torre de destilação de petróleo

Fonte: JUNIOR, A.J, SOBRAL e SANTOS, 2011.

Os combustíveis são classificados de acordo com o número de carbonos existentes nas moléculas, onde a gasolina pode apresentar 4 a 12 átomos de carbono e óleos combustíveis, podem conter mais de 14 átomos de carbono em sua composição. A diferença mais importante entre eles é o tamanho das cadeias carbônicas, o peso molecular e a quantidade de hidrocarbonetos aromáticos denominados de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) (CARDOSO *et al.*, 2017).

Segundo Souza (2016) o volume do óleo diesel consumido no país normalmente é o dobro do volume da gasolina, e em termos ambientais, o óleo diesel é considerado um combustível menos preocupante devido a sua menor mobilidade no meio e por possuir os compostos tóxicos BTEX em menores quantidades na sua composição, se comparada com as quantidades encontradas na gasolina e naftas, consideradas mais tóxicas.

No Brasil, são adicionados combustíveis derivados do petróleo aos compostos como etanol, álcool etílico e metil tetra-butil-éter, com a finalidade de diminuir a emissão de monóxido de carbono para o ambiente. Todavia, a mistura provoca o aumento da concentração de hidrocarbonetos, e em casos de vazamentos, pode ser ainda mais prejudicial (OLIVEIRA, 2015).

3.3. Contaminação em postos de combustíveis

Devido ao aumento da demanda por automóveis próprios, aumentaram-se também a necessidade de postos de abastecimento de combustíveis, e como não há fiscalização suficiente, muitos foram estabelecidos sem observância às normas reguladoras existentes (LIMA *et al.*, 2017).

Segundo o levantamento realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) desde 2001, foram identificadas 6434 áreas contaminadas, destas 4739 são áreas de postos de combustíveis, representando 73,65% de todas as áreas contaminadas do Estado (CETESB, 2020).

A contaminação do solo por hidrocarbonetos, é uma das principais preocupações atuais, somente no Brasil, existem mais de 40 mil postos de combustíveis, que podem ocasionar a contaminação, devido a imprevistos decorrentes de vazamentos e armazenamentos feitos de forma incorreta (ANP, 2019).

Os vazamentos de combustíveis nos postos, na grande maioria dos casos, ocorrem devido aos derrames juntos às bombas e aos tanques de armazenamento subterrâneos, onde a contaminação é aflorada pelas galerias de esgoto, redes de drenagem de águas pluviais, solos de edifícios, túneis, escavações e poços de abastecimento de água (BRITO *et al.*, 2018).

O problema da contaminação por postos de combustíveis, é que muitos tanques subterrâneos são mal instalados e geralmente, são fabricados em aço e não possuem proteção contra corrosão. Além disso, a vida útil de um tanque subterrâneo é entre 20 e 25 anos, mas em contato com o solo, sua durabilidade pode ser inferior sofrendo rachaduras e corrosões. Ainda, a casos de tanques enterrados há mais de 30 anos, ocasionando os vazamentos e consequentemente as contaminações (BRITO *et al.*, 2018).

Assim, devido aos riscos que ele pode causar, em relação à segurança, proteção, saúde da população e para o meio ambiente, afetando o solo e a água, bem como, os riscos de explosão e incêndio, é importante olhar atento às legislações vigentes sobre a comercialização de derivados de petróleo em postos de combustíveis.

3.4. Legislações Ambientais e remediação de áreas contaminadas

A primeira legislação para postos de combustíveis foi a Resolução CONAMA N° 273 de 2000, que contemplava a obrigatoriedade do Licenciamento para os mesmos (BRASIL, 2000). Entretanto, esta foi alterada posteriormente pela resolução CONAMA N°319, de 4 de dezembro de 2002 (BRASIL, 2002), que passou a considerar os postos de combustíveis como empreendimentos potencialmente poluidores estando submetidos a licenciamento prévio de suas instalações, ou seja, a exigência de licenciamento ambiental e a certificação dos equipamentos de acordo com mais de dez normas técnicas, da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), e plano de encerramento de suas atividades, no caso de desativação, a serem aprovados por órgãos ambientais competentes (BRASIL, 2002).

A Resolução CONAMA N° 319 de 2002 (BRASIL, 2002) exigiu que postos que comercializam combustíveis com mais de 25 anos de funcionamento, realizassem a reforma total de seus equipamentos. E, na fase do licenciamento do empreendimento do posto de combustível, os equipamentos e os sistemas de armazenamento e de abastecimento deveriam ser testados e ensaiados para comprovar inexistência de vazamentos.

Em 2009 foi publicada a Resolução CONAMA N°420, que determinou critérios e valores orientadores para a proteção do solo e águas subterrâneas (BRASIL, 2009). A Resolução cita que na ocorrência comprovada de substâncias químicas que possam causar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, ações específicas para a proteção da população exposta devem ser desenvolvidas por órgãos competentes (DE LIMA *et al.*, 2017).

A CETESB publicou em 2001, a primeira lista de substâncias químicas que afetavam a qualidade do solo e das águas subterrâneas, e seus valores orientadores, contemplando 37 substâncias, a fim de garantir a proteção e o controle da poluição. Em 22 de novembro de 2016, ampliou para 86 substâncias, conforme Decisão de Diretoria n° 256/2016 e, e ainda, foram definidos três valores orientadores: Valor de referência de Qualidade (VRQ), Valor de Prevenção (VP) e Valor de Intervenção (VI) (CETESB, 2016).

- **Valor de Referência de Qualidade (VRQ)** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea.
- **Valor de Prevenção (VP)** é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea.
- **Valor de Intervenção (VI)** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana considerada um cenário de exposição genérico.

Os valores de prevenção e intervenção dos compostos BTEX, presentes em solo e água, podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de prevenção e intervenção dos hidrocarbonetos aromáticos voláteis em solo e água, presentes na Decisão de Diretoria nº 256/2016

em solo e água, presentes na Decisão de Diretoria nº 250/2016						
Substância	Solo mg/kg peso seco					Águas subterrâneas (VI) µg/L
	Valor de referência qualidade (VRQ)	Valor de prevenção (VP)	Valor de intervenção (VI)			
			Agrícola	Residencial	Industrial	
Benzeno	-	0,002	0,02	0,08	0,2	5
Estireno	-	0,5	50	60	480	20
Etilbenzeno	-	0,03	0,5	0,6	1,4	300
Tolueno	-	0,9	5,6	14	80	700
Xilenos	-	0,03	12	3,2	19	500

Fonte: CETESB, 2016.

As informações presentes na tabela, são concentrações de substâncias químicas que fornecem orientação sobre a qualidade do solo e de águas subterrâneas, utilizadas como instrumentos para prevenção e controle da contaminação e gerenciamento de áreas contaminadas. Quando a concentração de substâncias for acima dos Valores de prevenção e intervenção, a área será classificada como contaminada, e segundo a CETESB (2016) as áreas degradadas pela contaminação devem ser remediadas, para minimizar os impactos ambientais, restaurar os ecossistemas e evitar explosões, caso o contaminante apresente tal risco. Para isto, são necessários diagnósticos, análises e monitoramento do impacto, e medidas remediadoras deverão ser aplicadas.

Apesar de o CONAMA ser o órgão ambiental brasileiro de maior influência quanto às resoluções, caso um Estado ou Município adote um parâmetro ambiental específico de forma mais restritiva, essa passa a valer acima do que está especificado no CONAMA, pois visa aumentar o controle e a proteção ambiental ou ainda combater irregularidades específicas, não previstas em âmbito federal. Ou seja, o Município, Estado e União desempenham natureza concorrente quanto à competência Legislativa, entretanto deve ser respeitada a Legislação mais restritiva (RUBIM, 2014).

Portanto em São Paulo, a legislação que deve ser atendida é a Decisão de Diretoria nº 256/2016, por contemplar mais substâncias controladas, do que, a Resolução CONAMA 420/2009.

O problema da contaminação por hidrocarbonetos derivados do petróleo é o grande impacto causado ao meio, sendo necessária a remediação dos locais atingidos. Para remediar uma área contaminada, devem-se considerar vários critérios, que são específicos para cada situação, assim, uma avaliação da área é necessária para que o melhor método seja aplicado. Características da área (tamanho e localização), solo, água, contaminante (propriedades físicas e químicas), grau de contaminação, uso final da área, recursos financeiros e técnicos disponíveis, aspectos econômicos e legislações aplicadas, são parâmetros que devem ser considerados para escolha do método (SANTOS *et al.*, 2008).

A remediação pode ocorrer *in-situ*, no próprio local da contaminação, ou *ex-situ*, em instalações especializadas. A melhor opção é resolver o problema no local (*in-situ*), tanto em relação a custos, como na eficiência, comparados a outras técnicas (SANTOS *et al.*, 2008).

Segundo a CETESB (2020) são 1463 áreas no Estado de São Paulo em processo de remediação, destas, aproximadamente 75% são em postos de combustíveis, em sua maioria, as remediações implantadas utilizam tecnologias mais básicas, como o bombeamento e tratamento, a recuperação de fase livre, extração multifásica para o tratamento das águas subterrâneas, a extração de vapores e a remoção de solo/resíduos (SANTOS *et al.*, 2008; TAVARES, 2013). Constatada a contaminação no solo ou água subterrânea, torna-se necessário o processo de remediação, e no Brasil ainda não há exigência dos órgãos ambientais sobre o uso de indicador biológico para a avaliação de áreas contaminadas ou para comprovação da eficiência do processo de remediação. No

monitoramento dessas áreas realizam-se análises químicas, comparando-se os resultados com os valores de intervenção e prevenção presentes nas legislações vigentes. Entretanto, a utilização de ensaios toxicológicos pode indicar efeitos da contaminação e seu impacto no ecossistema, indicando uma resposta mais precisa da toxicidade dos contaminantes presentes nas amostras de solo para os organismos vivos, o que apenas a análise química de cada composto, separadamente, não é capaz de avaliar. Assim, indicadores biológicos, têm se tornado cada vez mais importante na avaliação de risco ecológico e na determinação de metas de remediação (RIZZO *et al.*, 2014).

3.5. Qualidade do solo e Bioindicadores

O solo desempenha diversas funções abrigando processos e reações biológicas fundamentais para a manutenção nos ecossistemas terrestres. É o habitat natural para grande variedade de organismos que desempenham diversas atividades, dos micro-organismos a animais invertebrados, com elevada diversidade metabólica (ALVES *et al.*, 2016). Contudo, as interferências antrópicas ocasionam a degradação e a redução da qualidade natural. Assim, a manutenção da qualidade do solo é fundamental para a sustentabilidade, visando à produção agrícola e à conservação ambiental (NIERO *et al.*, 2010).

A utilização de organismos bioindicadores do solo em testes de toxicidade permite caracterizar, acompanhar e avaliar as alterações ocorridas num dado ecossistema (SILVA *et al.*, 2013). Eles são responsáveis por inúmeros processos e funções, como a decomposição de resíduos, ciclagem de nutrientes, síntese de substâncias húmicas, e agregação de partículas do solo (CARDOSO *et al.*, 2016). Além disso, quando se utiliza micro-organismos de diferentes sensibilidades a moléculas químicas em bioensaios, pode-se fornecer informações importantes sobre o desempenho do solo, ou quais práticas pode favorecer a recuperação do mesmo (DA SILVA *et al.*, 2013).

Entre os bioindicadores comumente utilizados para avaliação da qualidade do solo, destacam-se os organismos da fauna edáfica. A funcionalidade destes organismos do solo está dividida em microfauna, mesofauna e macrofauna, de acordo com o tamanho corporal, devido à sensibilidade a modificações no meio, fornecem respostas relativamente rápidas, comparadas a outros indicadores de qualidade do solo (SILVA *et*

al., 2013), entre a elevada diversidade de espécies destacam-se *Enchytraeus crypticus* e *Folsomia candida*.

O gênero *Enchytraeus* pertence à classe dos Oligochaeta e família dos Enchytraeidae, estes anelídeos fazem parte da mesofauna do solo, podendo ser encontrados em até 20 centímetros de profundidade, contribuindo na decomposição da matéria orgânica (SCORIZA *et al.*, 2015). A Figura 2 apresenta o aspecto geral deste organismo.

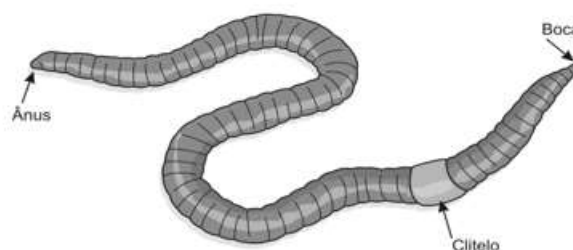
Figura 2. Aspecto geral de *Enchytraeus crypticus* em cultura



Fonte: Muccilo e Bonatto, 2016.

Os enquitreídeos são hermafroditas, possuem poucas cerdas sobre o corpo metamérico, geralmente são incolores e alcançam tamanho de 2 a 40 mm, possuem a pele lisa e úmida, importante para a respiração. Quando adultos, apresentam uma estrutura reprodutiva em forma de anel na cor branca chamado de clitelo (Figura 3), sendo este fundamental para o teste de toxicidade. (JÄNSCH *et al.*, 2005). Apresentam dieta baseada em 80% de micro-organismos (bactérias e fungos) e 20% de matéria orgânica morta (restos de plantas) (STANDEN, 1973; DIDDEN, 1993). São encontrados em solo úmidos, mas também em água doce e marinha (DIDDEN, 1993).

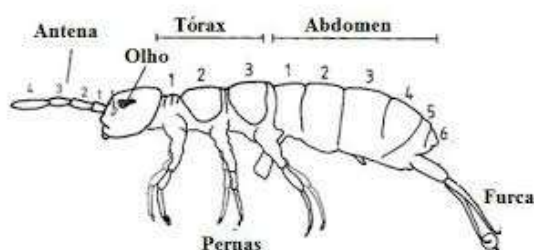
Figura 3. Morfologia dos anelídeos



Fonte: UFES, 2014.

Outra espécie comumente utilizada como bioindicador da qualidade do solo é o *Folsomia candida* (Figura 4), pequenos artrópodes capazes de identificar alterações ambientais, e importantes representantes da mesofauna do solo (LIU e HAILONG *et al.*, 2018). Pertencentes à classe Collembola e família Isotomidae, atingindo a maturidade entre 10 a 12 dias de vida, podem ter entre 1,5 a 3,0 mm de comprimento, apresentando cor branca ou amarelada. A cabeça possui duas antenas, dois órgãos pós-anestrais (opcionais), dois olhos compostos (opcionais) e peças bucais. Possuem furca, apêndice traseiro que o faz saltar, tubo ventral, abdômen com seis segmentos e não apresentam ocelos (mancha ocular) (EMBRAPA, 2010; FOUNTAIN e HOPKIN, 2005).

Figura 4. Morfologia dos colêmbolos



Fonte: Adaptado de Fountain e Hopkin, 2005

São formadas exclusivamente por fêmeas partenogenéticas, ou seja, as fêmeas produzem ovos sem a fertilização e dão origem somente a novas fêmeas, processo chamado de telitoquia (um tipo de partenogênese). Na fase adulta produzem cerca de 30 a 50 ovos, com eclosão entre 7 a 10 dias (FOUNTAIN e HOPKIN, 2005).

O colêmbolo participa dos processos de decomposição da massa vegetal e na formação da microestrutura do solo, além de desenvolver papel de regulador biológico. Eles se alimentam de bactérias, fungos, algas, resíduos vegetais e alguns patógenos das plantas, caracterizando sua alta influência sobre a ecologia microbiana e fertilidade do solo (EMBRAPA, 2010).

Os colêmbolos são utilizados há mais de 40 anos para estudos ecotoxicológicos, por serem bioindicadores da qualidade do solo, com norma ISO disponível desde 1999. Sendo assim, são definidos como espécie de teste "padrão" para estimar os efeitos de poluentes ambientais no solo (FOUNTAIN e HOPKIN, 2005; KROGH, 2008). A Figura 5 apresenta o aspecto geral do organismo.

Figura 5. Aspecto geral do *Folsomia candida*



Fonte: FOUNTAIN e HOPKIN, 2005.

Enchytraeus crypticus e *Folsomia candida* são espécies abundantes e representativas no ambiente em que ocupam, e quando há interferência no mesmo, estes conseguem perceber as características que afetam o solo, por isso, são tidos como bons indicadores. O comportamento desses organismos pode detectar a presença de poluentes, uma vez que são diretamente expostos ao solo contaminado, seja pelo contato, ingestão de partículas de solo e água, ou mesmo pela transferência através da cadeia alimentar (EMBRAPA, 2010; FOUNTAIN e HOPKIN, 2005).

Encontrados em diferentes ecossistemas, são de fácil cultivo e manipulação em laboratório, além de apresentarem sensibilidade a uma ampla diversidade de agentes químicos (VAŠÍČKOVÁ *et al.*, 2015). A utilização de mais de uma espécie e que ocupem níveis tróficos distintos, permite comparar diferenças de sensibilidade frente aos mais variados contaminantes (DA SILVA *et al.*, 2013).

Pesquisas utilizando espécies da fauna edáfica como bioindicadores, já foram realizadas, sendo possível inferir que os organismos são importantes para a avaliação da qualidade do solo, pois conseguem detectar a presença de contaminantes, sendo muito utilizados em testes de toxicidade. Pulleman *et al.*, 2012 apresentaram visão geral sobre a caracterização e avaliação da biodiversidade do solo, citando o *F. candida* como bom exemplo de bioindicador para abordagens de monitoramento e manejo do solo. Portanto, o estudo e monitoramento desses organismos são importantes para a previsão de mudanças no funcionamento dos sistemas de produção e avaliação da qualidade do solo.

Filho, P *et al.* (2018) utilizando a espécie *F. candida* avaliaram o potencial efeito da cinza de biomassa florestal nas concentrações 0,5; 1,0 e 10%, diluída em solo natural. Os autores concluíram que as doses avaliadas não ocasionaram efeitos sobre a reprodução de colêmbolos, portanto, não apresentou toxicidade para este invertebrado.

Oliveira (2017) avaliou os efeitos ecotoxicológicos do agrotóxico Fipronil em solo natural tropical, sobre a sobrevivência e reprodução de três gerações do colêmbolo *F.candida* quando expostos ao agrotóxico, concluindo que o agrotóxico apresentou toxicidade acentuada em baixas concentrações, causando efeitos na reprodução e sobrevivência do organismo, sendo assim, considerado de alta periculosidade.

Dalla Rosa et al. (2017) avaliaram o os efeitos do óleo Neem e da calda Bordalesa sobre a sobrevivência e reprodução de *F. candida* e *E. crypticus*, nas concentrações 0,41; 0,69; 1,38; 4,15; 6,91 mg/g de solo, que correspondem as doses (0; 0,3; 0,5; 1; 3 e 5%) e relataram que os efeitos na sobrevivência dos organismos foram observados apenas em doses iguais ou superiores a 3%. Entretanto, doses iguais ou inferiores a 1% apresentaram efeitos negativos na reprodução de ambos os organismos, comprovando os impactos do óleo Neem e da calda Bordalesa sobre essas espécies estudadas.

Lima e Silva *et al.*, (2017) determinaram a toxicidade do inseticida Imidacloprido, utilizando o *E. crypticus*, *F. candida* e *E. fetida*, em testes de sobrevivência e reprodução, e concluíram que os organismos mais sensíveis frente ao inseticida foram às minhocas e o *F. candida*, e o mais resistente foi o *E. crypticus*.

Granzoto (2018) avaliou a toxicidade para *E. cryticus* da formulação comercial Regent ® 800WG do fipronil em solo natural mediante teste multigeracional. Os resultados obtidos mostraram que os *E. cryticus* não foram sensíveis ao fipronil até a segunda geração, visto que não houve considerável alteração na reprodução dos mesmos, porém ocorreu diminuição no tamanho dos organismos após a primeira geração, provando que nas próximas gerações o bioindicador poderá ter efeito mais deletério e inclusive letal.

Diante desses estudos já realizados, este projeto propôs avaliar o comportamento de *F. candida* e *E.cryptiucus* na presença de gasolina e óleo diesel em solo natural (SN) e artificial tropical (SAT), mediante os testes de toxicidade, e discutir os efeitos observados.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS

4.1.1. Organismos teste

Os organismos utilizados nos testes de toxicidade crônica para avaliar a toxicidade dos hidrocarbonetos no solo foram o *E. crypticus* e o *F. candida*, ambos cultivados no Laboratório de Ecotoxicologia de Solos (LAECOS) da Faculdade de Tecnologia Unicamp Campus de Limeira-SP.

4.1.2. Manutenção e cultivo de *Enchytraeus crypticus*

Os organismos foram cultivados em placas de Petri, contendo ágar nutritivo seguindo a norma ABNT NBR ISO 16387 (2012) e ISO 16387 (2004), constituído de 13,9 gramas de ágar bacteriológico; 6 ml de solução 0,1M de bicarbonato de sódio (NaHCO_3); 6,4 ml de solução 0,001M de cloreto de potássio (KCl) e 772 ml de água ultrapura (para 800 ml de meio), ABNT, 2012.

A dissolução do ágar nutriente foi realizada em chapa aquecedora à temperatura de 250°C e autoclavado a 120°C por 20 minutos. Após o resfriamento até 60°C foram adicionados 8 ml de solução de cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e 8 ml de sulfato de magnésio (MgSO_4). Após o preparo, o meio foi vertido em placas de Petri para solidificação. As placas foram embaladas em papel alumínio e armazenadas sob refrigeração a $4 \pm 2^\circ\text{C}$, até o recebimento das culturas do organismo.

O cultivo dos *E. crypticus* foi realizado em estufa de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ com fotoperíodo de 12h/12h (claro/escuro), onde os organismos foram alimentados 2 vezes por semana com farinha de aveia e a umidade do meio corrigida com água destilada. A cada 3 meses os organismos eram transferidos para novos meios de cultivos, renovando a cultura e garantindo a manutenção da espécie em laboratório, conforme Figura 6.

Figura 6. Placa de Petri com o cultivo dos *E. crypticus*

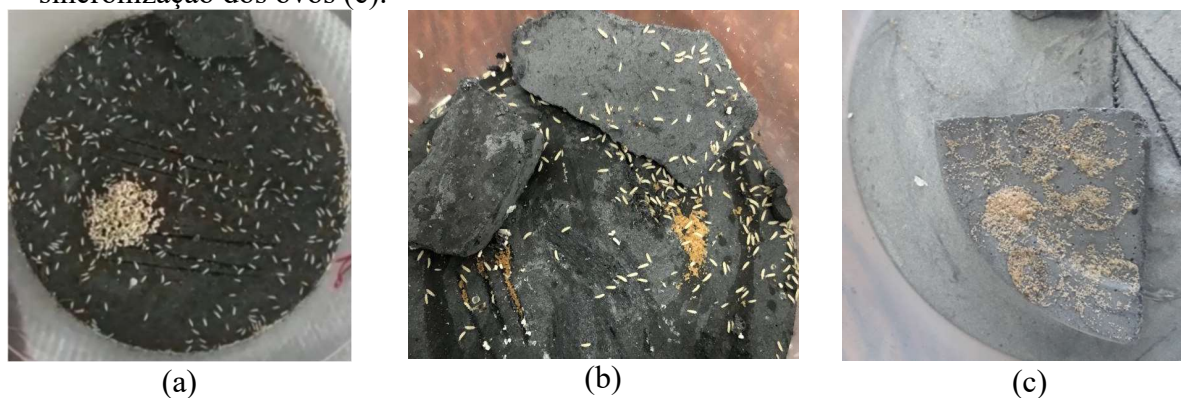


Fonte: Autoria própria, 2019.

4.1.3. Manutenção e cultivo de *F. candida*

Os organismos foram cultivados em laboratório em recipientes de polipropileno, contendo substrato constituído por uma mistura de 400 g de gesso, 50 g de carvão ativado e 300 mL de água ultrapura, conforme norma técnica ABNT NBR ISO 11267 (ABNT, 2019). Foram alimentados 2 vezes por semana com fermento biológico e água para umidificar o meio, sendo cultivados em estufa de $20\pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12h/12h (claro/escuro). Para a realização do teste de toxicidade os indivíduos devem ter a mesma idade, desta forma, quando os ovos dos adultos apresentam uma coloração amarronzada, foram transferidos para recipientes separados para acompanhamento da eclosão, processo chamado de sincronização. Após a eclosão, os organismos foram transferidos novamente por um período de 10 a 12 dias até se tornarem adultos e utilizados no teste. A cada 3 meses, foi necessário transferi-los para novos meios de cultivos, renovando a cultura e garantindo a manutenção dos organismos em cultivo no laboratório (Figura 7).

Figura 7. Organismos adultos prontos para a reprodução (a), adultos e os ovos (b) e sincronização dos ovos (c).



Fonte: Autoria própria, 2019.

4.1.4. Amostras de Solo

Para a realização dos testes utilizou-se Solo Artificial Tropical (SAT), uma adaptação do solo artificial OECD (OECD, 2013), preparado em laboratório, constituído por 75% de areia industrial fina, 20% de caulim e 5% de fibra de coco. O solo artificial tropical utilizado baseia-se na Norma ABNT – NBR 15537 (2014). O solo SAT foi utilizado como substrato para os ensaios de sensibilidade e nos testes de toxicidade com hidrocarbonetos. O uso de solo artificial se faz necessário, pois é um solo padronizado com o objetivo de eliminar qualquer interferente externo (BIANCHI, 2013).

Para avaliar a toxicidade em solo natural, utilizou-se um latossolo vermelho, coletado no campus da Universidade de São Paulo (USP), localizado no município de Itirapina/Broa, SP. A escolha deste solo foi baseada na sua localização e pelo conhecimento das suas características físicas e químicas, além de ser uma área preservada. A Tabela 2 apresenta a caracterização do solo natural utilizado.

Tabela 2: Características físico-químicas do solo natural tropical (Broa)

PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADE
M.O.	100	g.dm ⁻³
pH (Cal.2)	5	-
P	8	mg.dm ⁻³
K	1	mmolc.dm ⁻³
Ca	21	mmolc.dm ⁻³
Mg	9	mmolc.dm ⁻³
C.T.C.	111,1	mmolc.dm ⁻³
C.R.	69,8	%
C.E.	0,1	dS/m
Cu	3,2	mg.dm ⁻³
Fe	31	mg.dm ⁻³
Mn	16,4	mg.dm ⁻³
Zn	0,5	mg.dm ⁻³

M.O. = Matéria Orgânica, C.R. = Coeficiente de Retenção hídrica, C.T.C = Capacidade de Troca Catiônica, C.E. = Condutividade Elétrica

4.1.5. Amostras de hidrocarbonetos: gasolina e óleo diesel

Utilizou-se nos testes de toxicidade a gasolina e o óleo diesel adquiridos comercialmente no Posto Shell Limeirânea LTDA, localizado na cidade de Limeira – SP.

A composição da gasolina Shell V-Power Nitro +, é uma mistura complexa de hidrocarbonetos constituída de parafinas, cicloparafinas, hidrocarbonetos aromáticos e olefinicos. Contém hidrocarbonetos oxigenados, incluindo etanol ou outros álcoois.

Já a composição do óleo diesel Shell Evolux Diesel B S10, é uma mistura complexa de hidrocarbonetos constituída de parafinas, cicloparafinas, hidrocarbonetos aromáticos e olefinicos. Pode conter também vários aditivos, melhorador de cetano (Etil Hexil Nitrato), aditivo Nemo e óleos fracionados cataliticamente com compostos aromáticos policíclicos.

Ambos os produtos são considerados inflamáveis, corrosivos, tóxicos e carcinogênicos, conforme informações obtidas através da Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ) fornecidas pela Shell, e consta no anexo B.

4.1.6. Equipamentos e vidrarias

Foram utilizados equipamentos e vidrarias usuais do laboratório de Microbiologia, do Laboratório de Ecotoxicologia do Solo e Laboratório de Análises Físico-químicas da Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, campus I de Limeira, SP.

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Teste de sensibilidade

Para o processo de padronização dos testes e avaliação da saúde dos organismos, foram realizados testes de sensibilidade, que tem por finalidade avaliar as condições dos organismos cultivados e a estabilidade da cultura, sendo importante para comparações com os dados de literatura e com o cultivo no laboratório.

Para este procedimento, utiliza-se ácido bórico como substância de referência, considerado produto quimicamente estável durante o teste, possuindo alto grau de pureza, solúvel em água, além de garantir a qualidade do estudo e avaliar alterações na sensibilidade dos organismos (AMORIM *et al.*, 2012).

De acordo com a NBR ISO 16387 (2012) e NBR ISO 11267 (2019), para o teste de sensibilidade, utilizou-se o solo SAT contaminado com o ácido bórico, nas seguintes concentrações: 25, 50, 100 e 200 mg/kg. Aproximadamente 150 gramas de solo foram contaminados para cada concentração utilizada, visando quantidade suficiente para 30 g

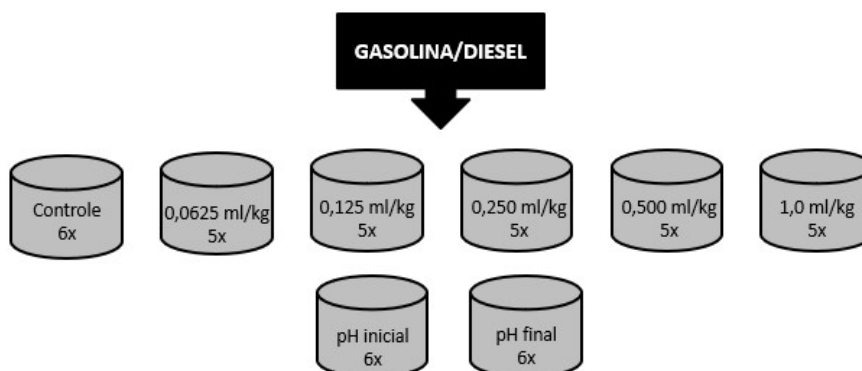
de solo em cada réplica. O teste de sensibilidade foi realizado em 5 réplicas para cada concentração de ácido bórico avaliada, além do teste sem a presença da substância, denominada controle. Separou-se frações de 10 g de solo para análise do pH no início e ao final do teste.

Em cada réplica foram colocadas 10 unidades do organismo que ficaram expostos ao solo contaminado durante 21 dias para *E. crypticus* e 28 dias para *F. candida*, a temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, alimentados 1 vez por semana com farinha de aveia e fermento biológico, respectivamente, e fotoperíodo de 12h/12h (luz/escuro). A unidade foi verificada semanalmente, e corrigida quando necessário. Após o tempo de exposição adicionou-se álcool etílico comercial e corante rosa de bengala ao solo, com posterior quantificação (12 a 24 horas) de *E. crypticus*. Para *F. candida*, decorridos o tempo de exposição, o solo foi transferido para recipientes com capacidade de 1000 ml e acrescentou-se água destilada e 10 gotas de tinta carimbo solúvel azul ou preta, para permitir o contraste dos organismos facilitando no processo de visualização, fotografia e contagem dos mesmos. Em seguida, foram fotografados com câmera profissional CANON T7, e quantificados com auxílio do programa Paint (Windows).

4.2.2. Contaminação do solo

Este trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa realizou-se os testes com os organismos *F. candida* em solo natural e SAT. Os solos foram contaminados com gasolina (Shell V-Power Nitro+) e óleo diesel (Shell Evolux Diesel B S10) separadamente, nas seguintes concentrações 0,065; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 ml/kg de solo (Figura 8).

Figura 8. Esquema de contaminação do solo com gasolina e óleo diesel utilizados nos testes de toxicidade com *F. candida*

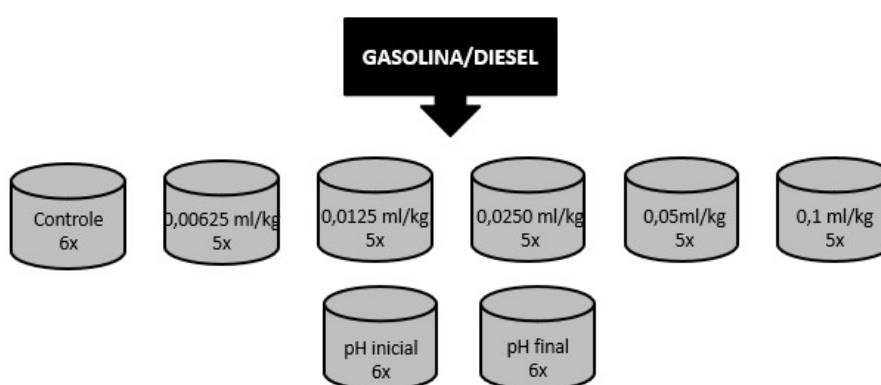


Fonte: Autoria própria, 2021.

Na segunda etapa deste projeto, a proposta foi ampliar a faixa de concentração, portanto, utilizou-se concentrações dez vezes menores comparadas com aquelas utilizadas nos testes iniciais. Assim, obtivemos 0,00625; 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1ml/kg (Figura 9) para os organismos *F. candida* e *E. crypticus*, em solo SAT.

Os testes foram mantidos em estufas BOD com temperatura e umidade iguais ao cultivo e recomendado pela ABNT NBR ISO 11267 (2019) e ABNT NBR ISO 16387 (2012).

Figura 9. Esquema de contaminação do solo com gasolina e óleo diesel utilizados nos testes de toxicidade com *F. candida* e *E. crypticus*



Fonte: Autoria própria, 2021.

Os testes foram realizados em 5 réplicas de cada concentração, 6 réplicas do controle, com análise do pH inicial e final para cada concentração e controle. Faz-se um controle a mais, para garantir maior segurança na execução do teste. Os ensaios para gasolina e diesel aconteceram separadamente. Deste modo, 150 g de solo foram contaminados para cada concentração e 180 g para o controle. Para a realização do teste com solo natural, utilizou-se a mesma configuração, entretanto, realizou-se o controle com um solo SAT para fins de comparação.

Na tabela 3 expressa a resumo e a descrição dos testes, concentrações, contaminantes organismos e solos utilizados neste estudo.

Tabela 3. Testes, concentrações, contaminantes organismos e solos utilizados

ETAPA	TESTE	CONCENTRAÇÕES (ml/g)	CONTAMINANTE	ORGANISMO	SOLO
1º	1	0,065; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0	GASOLINA	<i>F. candida</i>	SAT
	2	0,065; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0	ÓLEO DIESEL	<i>F. candida</i>	SAT
	3	0,065; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0	GASOLINA	<i>F. candida</i>	SN
	4	0,065; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0	ÓLEO DIESEL	<i>F. candida</i>	SN
2ª	5	0,00625; 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1	GASOLINA	<i>F. candida</i>	SAT
	6	0,00625; 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1	ÓLEO DIESEL	<i>F. candida</i>	SAT
	7	0,00625; 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1	GASOLINA	<i>E. crypticus</i>	SAT
	8	0,00625; 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1	ÓLEO DIESEL	<i>E. crypticus</i>	SAT

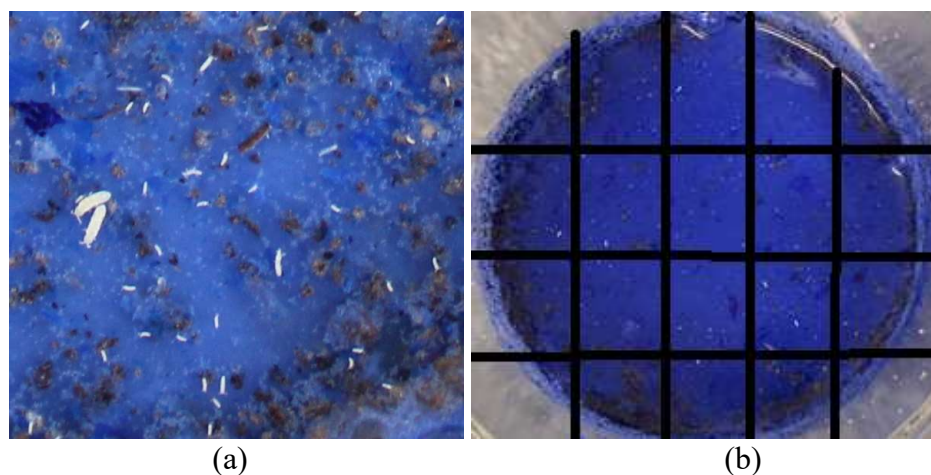
Devido a pandemia causada pelo COVID19, não foi possível realizar a coleta do solo natural no campus da USP em Itirapina/Broa, desta forma não foi realizado o teste em solo natural na segunda etapa da pesquisa.

4.2.3. Testes de toxicidade com *F. candida* e quantificação dos organismos

Em cada réplica adicionou-se 10 organismos com idade entre 10-12 dias, durante o período de 28 dias, a temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, alimentados no início do teste e aos 7, 14 e 21 dias com aproximadamente 2 mg de fermento biológico, a umidade foi verificada semanalmente, e corrigida quando necessário.

No final do teste de toxicidade com *F. candida*, os organismos foram quantificados para avaliar a reprodução. Para isso, acrescentou-se 50 ml de água destilada em cada recipiente de teste, permitindo que os organismos fiquem suspensos, e 10 gotas de tinta carimbo solúvel azul, para permitir o contraste dos organismos na água, facilitando no processo de visualização e contagem. Em seguida, todo conteúdo foi colocado em recipiente maior para serem fotografados com câmera profissional CANON T7, conforme a Figura 10. Para a quantificação dos organismos, utilizou-se o programa computacional Paint, onde a foto é dividida em quadrantes e os organismos contados e marcados um a um.

Figura 10. Contraste dos organismos na água para a contagem (a) Divisão em quadrantes (b)



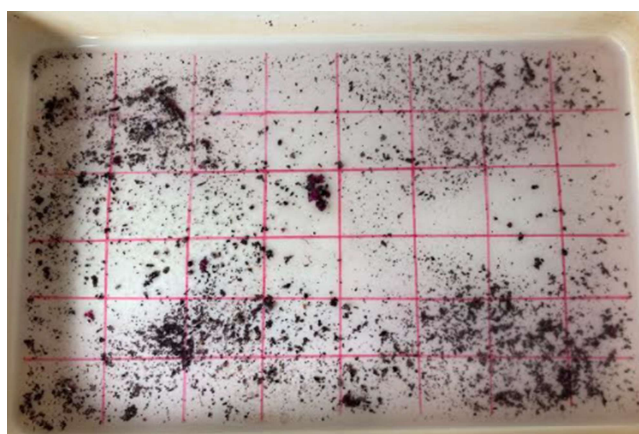
Fonte: Autoria Própria, 2019.

4.2.4. Testes de toxicidade com *E. crypticus* e quantificação dos organismos

Em cada réplica foi adicionado 10 organismos clitelados, durante o período de 21 dias, a temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, alimentados no início do teste e aos 7, 14 dias com aproximadamente 2 mg de farinha de aveia, a umidade foi verificada semanalmente e corrigida quando necessário.

No final do teste, adicionou-se 1 ml de rosa de bengala e 30 ml de álcool 70%, e repouso por no mínimo 24 horas em temperatura ambiente. Decorridos o período de fixação do corante, o solo foi lavado e peneirado (peneira de $53 \mu\text{m}$), e transferidos para bandejas de plástico adaptada para a contagem manual (Figura 11).

Figura 11. Contagem manual do *E. crypticus*



Fonte: Autoria Própria, 2020.

4.2.5. Análise Estatística

A Concentração Letal (CL50) foi calculada utilizando o programa STATISTICA 7. Para a determinação das Concentrações de Efeito (CE50 e CE20) utilizou-se regressões não lineares do mesmo programa estatístico, sendo determinadas a partir de curvas de regressão Sigmoidal. As Análises de Variância (ANOVA) por meio de teste de Dunnett e Levene também foram feitas no programa STATISTICA 7. Já os gráficos, foram realizados pelo programa GRAPH PAD PRISM 7.0.

O teste de Dunnett permite comparar todos os níveis com nível de referência, neste caso, ele compara todas as concentrações com o controle. Para ser um resultado estatisticamente significativo, as concentrações deverão ser menores que ($\alpha = p \leq 0,05$) ou $< 5\%$. Já o teste de Levene tem a função de comparar a maior variância com as demais, e verificar se o teste é homogêneo ou não, ou seja, se o valor de p calculado for ($\alpha = p < 0,05$ ou 5%), o teste é válido, portanto, a hipótese H_0 é rejeitada, assim conclui-se que o contaminante estudado tem resultados significativos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Resultados dos testes de sensibilidade com *F. candida* e *E. crypticus*

Foram realizados dois testes de sensibilidade, sendo o primeiro em 2019 e o segundo em 2020 para a espécie *F. candida*. A letalidade dos organismos em ambos os testes ocorreu nas concentrações a partir de 100 mg do ácido bórico. Por meio das regressões não lineares, foi possível obter o valor que representa a concentração para qual 50% da população exibe uma resposta, após o período de exposição. Para o primeiro teste obteve-se CE50 de 50,4 mg/kg, grau de confiabilidade de 95,0% e $R = 0,98$. Já a análise de variância (ANOVA), por meio do teste de Levene, que permite averiguar a homogeneidade das variâncias $\alpha = p = 0,000002$, resultado inferior a 5% evidenciando a condição para o teste ser homogêneo e válido.

Para o segundo teste de sensibilidade, obteve-se CE50 de 146,164 mg/kg, grau de confiabilidade de 95,0% e $R = 0,98$. Para o ANOVA, através de Levene, $\alpha = p = 0,021929$, resultado inferior a 5%, o que evidencia que o teste foi válido, homogêneo e as concentrações são estatisticamente significativas.

Para o organismo *E. crypticus* também se realizou dois testes de sensibilidade com ácido bórico como substância de referência, durante o desenvolvimento deste estudo. No primeiro teste de sensibilidade com ácido bórico em 2019, resultou em letalidade nas concentrações a partir de 150 mg ácido bórico com CE50 de 110,74 mg e grau de confiabilidade de 95,0% e $R = 0,96$. No segundo teste realizado em 2020, o CE50 de 95,17 mg e letalidade a partir de 140 mg, seguindo o proposto pela ABNT. Para o ANOVA, através de Levene, o valor de (p) manteve-se abaixo de 0,05 evidenciando que o teste foi válido, homogêneo e as concentrações são estatisticamente significativas.

5.2. Resultado dos testes de toxicidade

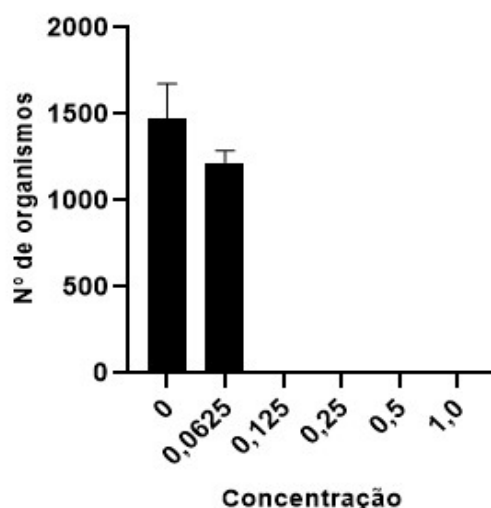
5.2.1. Resultados do teste de toxicidade da gasolina em solo SAT utilizando *F.candida*

Utilizando ANOVA pelo teste de Levene obteve-se $\alpha = p = 0,002061$, sendo menor que ($\alpha = p < 0,05$), assim, pode-se afirmar que o teste é homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, portanto, a gasolina é um contaminante que influencia na qualidade do solo. Já por Dunnett, como mostrado na (Figura 1 do apêndice

A) o valor do $\alpha = p$ em todas as concentrações foram inferiores a 5%, dessa forma, podemos considerar que os resultados são estatisticamente significativos.

A figura 12 expressa o resultado do número de organismos em cada concentração testada e a Tabela 4, expressa os resultados do número dos organismos de *F. candida* após a exposição à gasolina durante o período de 28 dias em solo SAT.

Figura 12. Resultado do teste de toxicidade da gasolina para *F. candida* em solo SAT



Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 4. Resultado do n° *F. candida* avaliado nas quatro repetições e concentrações de gasolina (ml/kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias

Concentração de gasolina (ml/kg)	Número de organismos por réplica				Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D			
controle	1728	1252	1511	1413	5904	1476	11,70
0,0625	1238	1121	1240	1279	4878	1220	4,90
0,125	0	0	0	0	0	0	0
0,25	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0

- Os testes foram realizados com 5 réplicas, porém, uma réplica foi excluída em todos os testes, por não apresentar resultados significativos.

Com base nos dados da Tabela 4, nota-se que a única concentração que não afetou os organismos foi a de 0,0625 ml/kg de solo, as demais concentrações provocaram a morte dos mesmos, portanto, evidenciou-se toxicidade aguda, ou seja, os organismos são sensíveis à contaminação de gasolina no solo em concentrações maiores que 0,0625 ml/kg. Dessa forma, pode-se afirmar que a gasolina é tóxica, podendo afetar esta classe

de organismos, e consequentemente comprometer à qualidade do solo e toda biota pertencente. Os dados de organismos presentes no controle são importantes e evidenciam a confiabilidade do teste.

Não foi possível calcular o CE50 e CE20, tendo em vista que somente uma concentração houve reprodução de *F. candida*. A concentração de efeito não observado (CENO) foi 0,0625 ml/kg e a menor concentração testada com efeito observado (CEO) foi 0,125 ml/kg, a partir desta concentração, não houve mais reprodução.

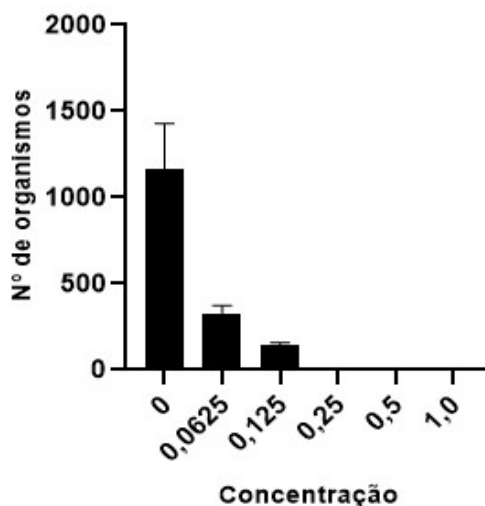
5.2.2. Resultados do teste de toxicidade do óleo diesel em solo SAT utilizando *F.candida*

Por meio das análises ANOVA, pelo método de Levene $\alpha = p = 0,000515$, sendo menor que ($\alpha = p < 0,05$), pode-se afirmar que é um teste homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, dessa forma, os resultados são estatisticamente significativos, pois o óleo diesel, assim como a gasolina, influencia na qualidade do solo (Figura 13).

Na Tabela 5, estão expressos o número de organismos após a exposição durante o período de 28 dias em solo SAT contaminado com óleo diesel.

Já para o teste de Dunnett, todas as concentrações estão abaixo do intervalo padrão, apresentando resultados estatisticamente significativos (Figura 2 do apêndice A).

Figura 13. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel para *F. candida* em solo SAT



Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 5. Resultado do n° *F. candida* avaliado nas quatro repetições e concentrações de óleo diesel (ml/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias

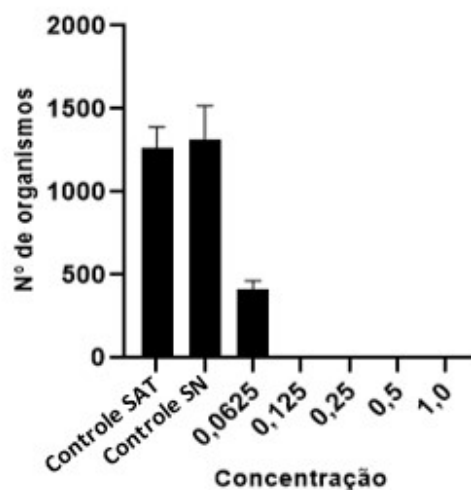
Concentração de óleo diesel (ml/kg)	Número de organismos por réplica				Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D			
Controle	1559	991	1071	1034	4655	1164	229,9
0,0625	321	359	366	262	1308	327	41,20
0,125	146	121	146	157	573	143	13,20
0,25	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0

- Os testes foram realizados com 5 réplicas, porém, uma réplica foi excluída em todos os testes, por não apresentar resultados significativos.

De acordo com os resultados verificou-se que o óleo diesel é menos tóxico em relação à gasolina, uma vez que, duas concentrações apresentaram reprodução dos organismos à (0,0625 e 0,125 ml/kg), porém, conforme dados da Tabela 5, nota-se que o aumento da concentração resultou na diminuição da reprodução em aproximadamente 50%, evidenciando-se a toxicidade do composto. Sendo assim, a concentração de efeito não observado (CENO) foi 0,0625 e 0,125 ml/kg. Já a menor concentração testada com efeito observado (CEO) foi 0,25 ml/kg, a partir desta concentração, não houve mais reprodução da espécie em questão. Como no teste anterior, não foi possível obter valores de CE50 e CE20, pois houve reprodução do *F. candida* somente em duas concentrações.

5.2.3. Resultados do teste de toxicidade da gasolina em SN utilizando *F.candida*

Mediante o ANOVA, conclui-se que o teste teve resultado estatisticamente significativo pelo método de Dunnett, apresentando ($\alpha = p < 0,05$), com exceção do controle em solo SAT, onde o resultado não apresentou significância (Figura 3 do apêndice A). Pelo teste de Levene, obteve-se valor de $\alpha = p = 0,001685$, sendo menor que 5%, portanto, o teste é homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, conforme Figura 14. Na Tabela 6 estão expressos o número de organismos após a exposição durante o período de 28 dias em solo natural contaminado com gasolina.

Figura 14. Resultado do teste de toxicidade da gasolina para *F. candida* em solo natural

Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 6. Resultado do n° *F. candida* avaliado nas quatro repetições e concentrações de gasolina (ml/Kg) em solo natural, expostos durante o período de 28 dias

Concentração de gasolina (mL/kg)	Número de organismos por réplica				Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D			
Controle SAT	1339	1320	1080	1326	5065	1266	8,51
Controle Solo Natural	1249	1605	1280	1145	5279	1320	13,04
0,0625	481	418	411	368	1678	420	9,60
0,125	0	0	0	0	0	0	0
0,25	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0

- Os testes foram realizados com 5 réplicas, porém, uma réplica foi excluída em todos os testes, por não apresentar resultados significativos.

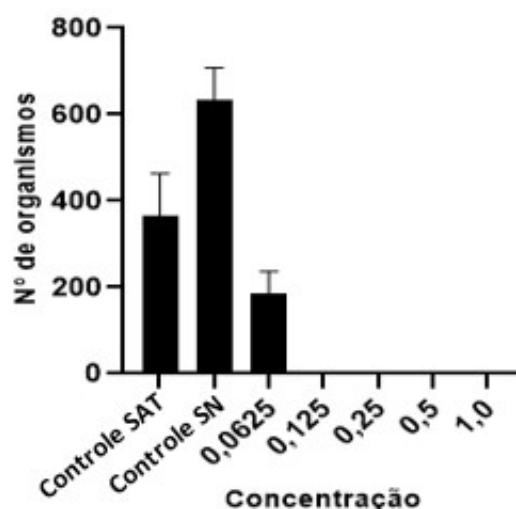
Assim como no teste em solo SAT a única concentração que apresentou reprodução dos organismos, foi de 0,0625 ml/kg, comprovando a toxicidade aguda da gasolina para os organismos. Em testes contendo solo natural, é necessária a utilização de dois controles, conforme descrito na ABNT NBR 16387 (2012), sendo um com solo SAT, e um, utilizando solo natural.

Não foi possível calcular o CE50 e CE20, tendo em vista que somente uma concentração houve reprodução de *F. candida*. A concentração de efeito não observado (CENO) foi de 0,0625 ml/kg e a menor concentração testada com efeito observado (CEO) foi de 0,125 ml/kg, a partir desta concentração, não houve mais reprodução da espécie em questão.

5.2.4. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel em SN utilizando *F.candida*

Utilizando ANOVA pelo método de Levene, obteve-se $\alpha = p = 0,017184$, sendo menor que ($\alpha = p < 0,05$), assim conclui-se que é um teste homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, apresentando resultados estatisticamente significativos (Figura 15). Para Dunnett, todas as concentrações estão abaixo do intervalo padrão, apresentando significância nos resultados (Figura 4 do apêndice A).

Figura 15. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel para *F.candida* em solo natural



Fonte: Autoria própria, 2021.

Na Tabela 7 estão expressos o número de organismos após a exposição durante o período de 28 dias em solo natural contaminado com óleo diesel.

Tabela 7. Resultado do nº *F. candida* avaliado nas quatro repetições e concentrações de óleo diesel (mL/Kg) em solo natural, expostos durante o período de 28 dias

Concentração de óleo diesel (mL/kg)	Número de organismos por réplica				Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D			
Controle SAT	495	369	256	338	1458	365	23,54
Controle Solo Natural	625	638	540	726	2529	632	10,43
0,0625	262	166	149	162	739	185	24,35
0,125	0	0	0	0	0	0	0
0,25	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0

- Os testes foram realizados com 5 réplicas, porém, uma réplica foi excluída em todos os testes, por não apresentar resultados significativos.

Da mesma forma que os testes anteriores, a única concentração que apresentou reprodução dos organismos, foi a de 0,0625 ml/kg, comprovando a toxicidade do óleo

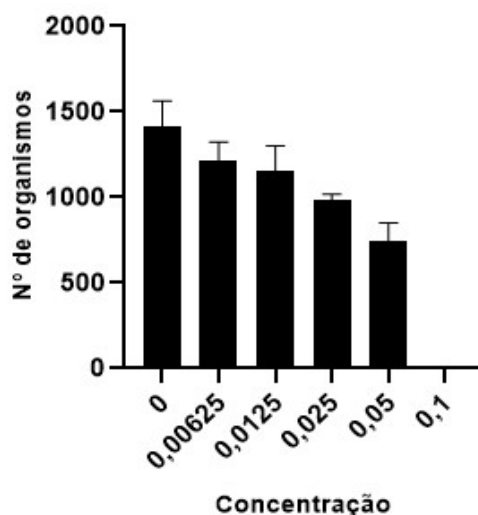
diesel para os organismos. Não foi possível calcular o CE50 e CE20, tendo em vista que somente uma concentração houve reprodução de *F. candida*. A concentração de efeito não observado (CENO) foi de 0,0625 ml/kg e a menor concentração testada com efeito observado (CEO) foi de 0,125 ml/kg, a partir desta concentração, não houve mais reprodução da espécie em questão.

Percebe-se que a quantidade de organismos presentes no controle solo natural, é quase o dobro da quantidade existente no controle SAT, isto ocorre, pois o SN é rico em materiais em decomposição e os colêmbolos exercem importante função detritívora, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica e o controle das populações de microrganismos, especialmente dos fungos (BERUDE *et al.*, 2015).

5.2.5. Resultados do teste de toxicidade da gasolina em solo SAT utilizando *F.candida*

Á partir desse teste se propôs ampliar a faixa de concentração, visando a possibilidade da determinação do CE50 e CE20, visto que nos testes anteriores não foi possível calcular. A partir dos resultados obtidos, verificou-se CE50 de 0,050 ml/Kg, com confiabilidade de 95% e $R = 0,94$, e CE20 de 0,032 ml/Kg, ou seja, logo na primeira concentração (0,0065 ml/Kg) houve diminuição de 20% na reprodução.

Utilizando o ANOVA pelo método de Dunett, o valor do $\alpha = p$ em todas as concentrações foram inferiores a 5%, dessa forma, podemos considerar que os resultados são estatisticamente significativos (Figura 5 do apêndice A). Já por Levene, foi $\alpha = p = 0,004539$, sendo menor que ($\alpha = p < 0,05$), assim conclui-se que é um teste homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, apresentando resultados estatisticamente significativos. Na Figura 16 observa-se o gráfico do número de organismos em cada concentração no final do teste.

Figura 16. Resultado do teste de toxicidade da gasolina para *F. candida* em solo SAT

Fonte: Autoria própria, 2021.

Na Tabela 8 estão expressos o número de organismos após a exposição durante o período de 28 dias em solo SAT contaminado com gasolina.

Tabela 8. Resultado do n° *F. candida* avaliado nas cinco repetições e concentrações de gasolina (mL/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias

Concentração de gasolina (mL/kg)	Número de organismos por réplica					Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D	E			
Controle SAT	1345	1401	1648	1255	1439	7088	1417,6	9,20
0,00625	1089	1108	1362	1240	1256	6055	1211	8,40
0,0125	1010	1090	1345	1043	1276	5764	1152,8	11,5
0,025	930	1014	997	1006	961	4908	981,6	3,20
0,05	843	688	626	869	694	3720	744	12,7
0,1	0	0	0	0	0	0	0	0

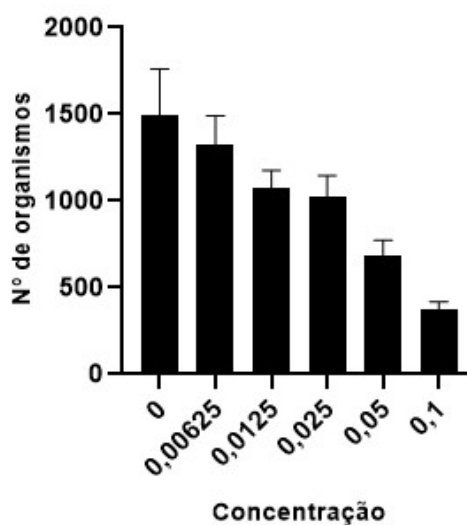
Conforme verifica-se na tabela 8, os organismos continuaram a se reproduzir com leve diminuição no aumento das concentrações. Assim, a concentração de efeito não observado (CENO) foi de 0,00625; 0,0125; 0,025 e 0,05 ml/Kg. Já a menor concentração testada com efeito observado (CEO), foi de 0,1 ml/Kg, a partir desta concentração, não houve mais reprodução da espécie em questão.

5.2.6. Resultados do teste de toxicidade do óleo diesel em solo SAT utilizando *F.candida*

Analisando a reprodução dos organismos nesse teste, verificou-se que o CE50 foi de 0,042 ml/Kg, com confiabilidade de 95% e $R = 0,93$. Já o CE20 foi de 0,012 ml/Kg, assim, logo na primeira concentração (0,00625 ml/kg) houve diminuição de 20% na reprodução. Utilizando ANOVA por meio de Levene, $\alpha = p = 0,017924$, sendo menor que ($\alpha = p < 0,05$), assim conclui-se que é um teste homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, apresentando resultados estatisticamente significativos. Para Dunett, mostrou resultado de significância em 4 das 5 concentrações, sendo elas nos valores de 0,00625; 0,0125; 0,025; 0,05 ml/Kg, menos na concentração de 0,1 ml/Kg, portanto, foi estatisticamente significativo (Figura 6 apêndices A).

Na figura 17 observa-se o número de organismos em cada concentração, e na Tabela 9 estão expressos o número de organismos após a exposição durante o período de 28 dias em solo SAT contaminado com óleo diesel.

Figura 17. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel para *F. candida* em solo SAT



Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 9. Resultado do n° *F. candida* avaliado nas cinco repetições e concentrações de óleo diesel (mL/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 28 dias

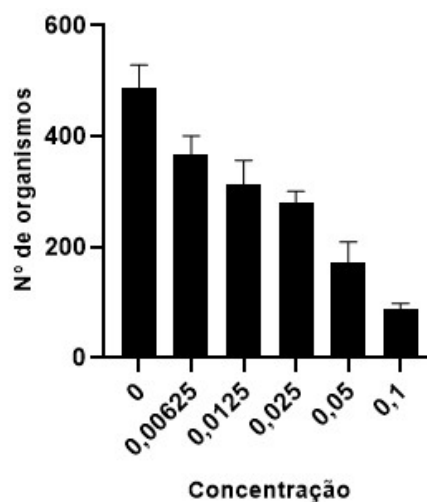
Concentração de óleo diesel (mL/kg)	Número de organismos por réplica					Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D	E			
Controle SAT	1792	1330	1129	1556	1669	7476	1495,2	15,90
0,00625	1353	1301	1052	1435	1479	6620	1324	11,30
0,0125	974	1120	1102	983	1206	5385	1077	8,20
0,025	936	1202	1084	907	998	5127	1025,4	10,40
0,05	751	675	618	596	796	3436	687,2	11,10
0,1	378	334	309	423	408	1852	370,4	11,70

Conforme observa-se na tabela 9, não foi encontrado grau de letalidade aguda ou crônica nas concentrações testadas, ou seja, os organismos continuaram a se reproduzir com leve diminuição, sem concentração de efeito observado, evidenciando que o óleo diesel foi menos tóxico em relação à gasolina para o *F. cândida*

5.2.7. Resultados do teste de toxicidade da gasolina em solo SAT utilizando *E.crypticus*

Por meio da ANOVA, obteve-se pelo teste de Levene $\alpha = p = 0,0423775$, sendo menor que ($\alpha = p < 0,05$), assim conclui-se que é um teste homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, apresentando resultados estatisticamente significativos.

Para Dunett, o valor do $\alpha = p$ em todas as concentrações foram inferiores a 5%, dessa forma, podemos considerar que os resultados são estatisticamente significativos (figura 7 do apêndice A). Na figura 18, observa-se o número de organismos em cada concentração, e na Tabela 10 estão expressos o número de organismos após a exposição durante o período de 21 dias em solo SAT contaminado com gasolina.

Figura 18. Resultado do teste de toxicidade da gasolina para *E. crypticus* em solo SAT

Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 10. Resultado do nº *E. crypticus* avaliado nas cinco repetições e concentrações de gasolina (mL/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 21 dias

Concentração de gasolina (mL/kg)	Número de organismos por réplica					Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D	E			
Controle SAT	417	480	492	512	529	2430	486	7,89
0,00625	317	403	354	395	362	1831	366,2	8,44
0,0125	262	322	309	294	380	1567	313,4	12,40
0,025	294	254	271	302	286	1407	281,4	6,08
0,05	168	165	150	143	236	862	172,4	19,21
0,1	102	89	75	83	91	440	88	10,16

Verifica-se na tabela 10, que não há grau de letalidade aguda ou crônica nas concentrações testadas, ou seja, os organismos continuaram a se reproduzir com leve diminuição, porém, o número de organismos dessa espécie que se reproduziram em cada concentração, foi bem menor em comparação com os testes realizados com *F.candida*, evidenciando a maior sensibilidade do *E. crypticus* frente a esse contaminante.

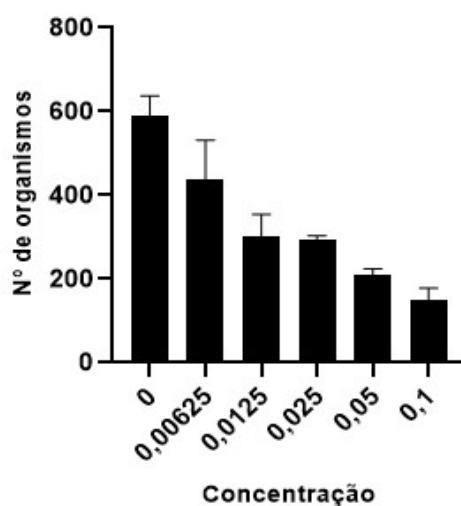
Também foi possível determinar o CE50 de 0,027 ml/Kg, com grau de confiabilidade de 95% e R = 0,96. Já o CE20, foi de 0,0062 ml/Kg, e novamente na primeira concentração resultou na redução em 20% da reprodução.

5.2.8. Resultados do teste de toxicidade do óleo diesel em solo SAT utilizando *E. crypticus*

Utilizando o ANOVA pelo método de Dunett, o valor do $\alpha = p$ em todas as concentrações foram inferiores a 5%, dessa forma, podemos considerar que os resultados são estatisticamente significativos (figura 8 do apêndice A). Já por Levene, foi $\alpha = p = 0,021025$, sendo menor que ($\alpha = p < 0,05$), assim conclui-se que é um teste homogêneo, válido e a hipótese H_0 verificada foi rejeitada, apresentando resultados estatisticamente significativos.

Na figura 19 estão expressos o número de organismos em cada concentração e na tabela 11, observa-se o número de organismos após a exposição durante o período de 21 dias em solo SAT contaminado com óleo diesel.

Figura 19. Resultado do teste de toxicidade do óleo diesel para *E. crypticus* em solo SAT



Fonte: Autoria própria, 2021.

Tabela 11. Resultado do n° *E. crypticus* avaliado nas cinco repetições e concentrações de óleo diesel (mL/Kg) em solo SAT, expostos durante o período de 21 dias

Concentração de óleo diesel (mL/kg)	Número de organismos por réplica					Total de organismos	Média	Coeficiente de variação
	A	B	C	D	E			
Controle SAT	578	634	509	623	598	2942	588,4	7,52
0,00625	326	459	404	583	415	2187	437,4	19,32
0,0125	243	279	355	361	265	1503	300,6	16,06
0,025	299	283	308	290	292	1472	294,4	2,89
0,05	205	209	197	235	198	1044	208,8	6,63
0,1	143	158	183	110	162	756	151,2	16,03

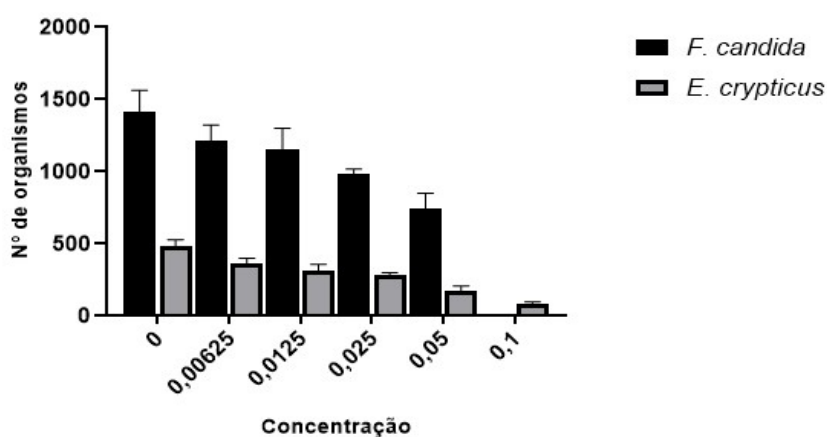
Observando a tabela 11, conclui-se que não há grau de letalidade aguda ou crônica nas concentrações testadas, ou seja, os organismos continuaram a se reproduzir com leve diminuição, evidenciando mais uma vez, a sensibilidade do *E. crypticus* ao contaminante.

Verificou-se nesse teste, que o CE50 foi de 0,0206 ml/Kg, com confiabilidade de 95% e $R = 0,94$ e CE20 de 0,0027 ml/Kg, demonstrando também 20% de redução na reprodução já na primeira concentração.

As Figuras 20 e 21 a seguir estão expressos os resultados dos testes realizados com gasolina e óleo diesel utilizando *F. candida* e *E. crypticus*. Observa-se nas figuras que os hidrocarbonetos testados, são tóxicos e prejudiciais para ambos organismos, no entanto, mostra-se mais tóxico para o *E. crypticus*, comparado ao *F. candida*, isto porque, a reprodução em cada uma das concentrações foi bem menor, comprovando a maior sensibilidade dos enquitreídeos para este contaminante. Além disso, pode-se concluir que o óleo diesel tem uma menor toxicidade em relação a gasolina, visto que houve reprodução em todas as concentrações.

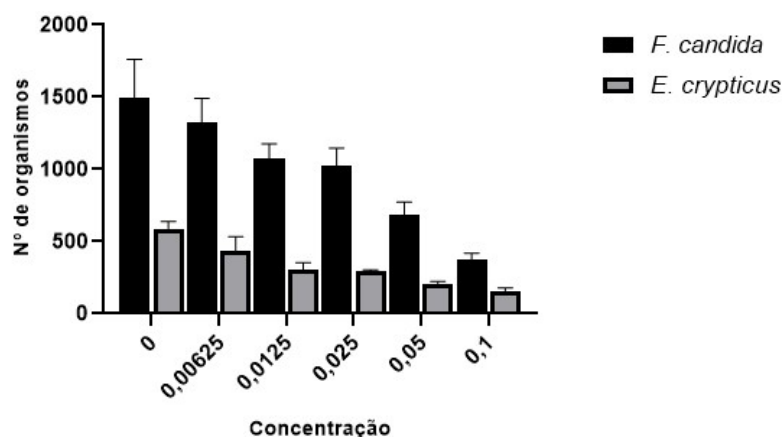
Verifica-se também, que a partir do teste 5, quando foi reduzida a faixa de concentração 10x em relação aos testes anteriores, observa-se que houve uma maior reprodução dos organismos, sendo possível inferir que quanto maior a concentração de hidrocarbonetos no solo, maiores serão os prejuízos para o meio ambiente, afetando a sua qualidade e a sobrevivência dessa classe de organismos.

Figura 20. Comparação dos testes de toxicidade da gasolina para *F.candida* e *E.crypticus*



Fonte: Autoria própria, 2021.

Figura 21. Comparação dos testes de toxicidade do óleo diesel para *F.candida* e *E.crypticus*



Fonte: Autoria própria, 2021.

Os organismos utilizados neste estudo são importantes representantes da mesofauna do solo, e devido a sua sensibilidade, são afetados diretamente pela presença de poluentes e substâncias tóxicas, e como consequência, a desestabilização do ecossistema. Desta forma, são reconhecidos como ferramenta biológica para avaliar a qualidade do solo, além de fundamentais para a sustentabilidade desses ecossistemas (ALVES, 2016; BARETTA *et al.*, 2011). Apresentam a capacidade de respostas rápidas, pois respondem em passo acelerado as mudanças com consequente adaptação às condições ambientais, característica que não pode ser alcançada com indicadores químicos ou físicos (NIERO, 2010).

Pesquisas avaliando o impacto dos hidrocarbonetos já foram realizadas. Tang, et al., (2011) analisaram amostras de solos contaminadas com hidrocarbonetos, coletadas no campo petrolífero de Shengli, na China. Realizaram testes de toxicidade com minhocas, plantas e bactérias luminescentes e concluíram que, a presença do contaminante no solo, causou letalidade em 50% das minhocas (LD50) em 4 dias. Para as plantas, inibiu a germinação das sementes do milho e trigo, porém o trigo se mostrou mais tolerante. Já para as bactérias, afetou sua atividade, evidenciando o quanto são impactantes.

Hentati et al. (2012) relataram a ecotoxicidade do petróleo no solo, utilizando minhocas *Eisenia andrei* (*E.andrei*), colêmbolos *Folsomia candida* (*F.candida*) e planta *Avena sativa* (*A. sativa*). As amostras de solo foram coletadas de um campo petrolífero

em Sfax, Tunísia e os autores concluíram que para *E.andrei* e *F.candida* em 14 dias de exposição em solo contaminado, ocorreu a morte de 67% dos organismos. Para *A.sativa*, ocorreu inibição da germinação em 58,5% em solos altamente poluídos com petróleo.

Mayer e Holmstrup (2008) realizaram testes de toxicidade em solos contaminados com hidrocarbonetos (HPA) de baixo e alto ponto de fusão, utilizando *F.candida* como bioindicador e concluíram que após 7 dias em solo contaminado com HPA de característica de baixo ponto de fusão, houve a letalidade em 100% dos organismos testados. Para altos pontos de fusão, não causou letalidade significativa, evidenciando o quanto são impactantes para o solo e tóxicos para esses organismos.

Diante de todas as pesquisas já realizadas, e principalmente esse estudo em questão, verifica-se que os efeitos dos poluentes no solo impactam na reprodução dos colêmbolos e enquitreídeos, reduzindo a diversidade existente e comprometendo a funcionalidade do solo (BEVER *et al.*, 2012). Além de causar desequilíbrios, pela falta de ciclagem de nutrientes, umidificação do solo e incorporação da matéria orgânica (BARETTA *et al.*, 2011).

Portanto, por mais que já existam legislações para garantir a qualidade do solo é necessário que esses dados sejam divulgados para permitir que medidas preventivas possam ser tomadas e as fiscalizações em estabelecimentos de comercialização de combustíveis sejam reforçadas, garantindo a proteção do solo, bem como impedir a extinção e estresse dos organismos que desempenham papel primordial para o mesmo.

Do ponto de vista político, a obrigatoriedade da investigação de solos contaminados, só foi possível devido a Resolução CONAMA nº 273/2000 (Brasil, 2000). O poder público, através da Política Nacional do Meio Ambiente, desenvolveu medidas de controle da poluição baseadas nos padrões de qualidade ambiental, e na aplicação de penalidades a quem age em desconformidade com os padrões estabelecidos. Essa atuação se volta, não somente para o solo, mas também, para o ar e os recursos hídricos, uma vez que, se não controlada, essa poluição pode vir a se espalhar prejudicando ainda mais o meio ambiente.

A poluição do solo é um assunto politicamente muito complexo, não só pelas muitas funções que desempenha, mas, também porque o uso do solo é hoje encarado com uma “commodity” econômica, isto é, possui um valor econômico intrínseco.

Normalmente alguém tem o direito legal de propriedade e é transacionado como uma mercadoria (CETESB, 2016).

Dessa forma, todo proprietário ou comprador de um imóvel que possui um passivo ambiental, ou seja, que é fonte de poluição do solo, ar e/ou água, que representa riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, será o responsável pela descontaminação, remediação da área ficando sujeito à responsabilização administrativa, civil e criminal pela degradação independentemente de culpa.

A minimização destes impactos deve ser viabilizada através da identificação dessas áreas, sua caracterização em termos de meio físico e natureza da contaminação, quantificação do risco à saúde humana e estabelecimento de técnicas que promovam a redução dos contaminantes a níveis seguros, conforme estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009, que determina critérios e valores para a proteção do solo (CETESB, 2016; Brasil, 2009), assim como, a Decisão de Diretoria nº 256/2016.

A tendência crescente de casos de contaminação de áreas demonstra que o problema requer prioridade por parte do poder público e da sociedade civil, visto que o solo é um recurso limitado e de importância fundamental no ecossistema mundial, sendo assim, sua proteção é essencial para as gerações atuais e futuras.

6. CONCLUSÃO

A maioria das áreas contaminadas registradas na CETESB pertencem a postos de comercialização de combustíveis. Assim, uma das formas de inventariar estas áreas, é avaliando a qualidade do solo, através de testes de toxicidade.

Com os resultados obtidos dos ensaios realizados utilizando gasolina e óleo diesel, na presença de *F.candida* e *E.crypticus*, em solo natural (latossolo vermelho) e solo artificial tropical, todos os testes apresentaram resultados estaticamente significativos. Dessa forma, utilizando diferentes concentrações dos hidrocarbonetos, verificou-se que nas maiores concentrações do contaminante, houve diminuição da reprodução dos organismos, comprovando o quanto são poluentes, podendo afetar a biota e alterar a qualidade do solo. A gasolina, no entanto, se mostrou mais tóxica para esses organismos em comparação com o óleo diesel, levando a letalidade a partir de 0,1 ml/kg. Em relação as concentrações de efeito observado, o valor de CE50 e CE20 nos testes com *F. candida*, foi maior do que para *E. crypticus*, isto ocorreu, pois houve uma menor reprodução dos enquitreídeos em relação aos colêmbolos, devido serem mais sensíveis a esse contaminante.

Os testes foram realizados em solos com características físico-químicas conhecidas, e contaminados em diversas concentrações para determinar aquela que mais afeta a sua qualidade. No entanto, recomenda-se a realização dos testes em solos coletados de áreas de postos de combustíveis, para analisar se estes estabelecimentos estão cumprindo as legislações vigentes, e se há indícios de contaminação no local, por meio de vazamento de tanques subterrâneos.

Portanto, as divulgações desses dados são importantes, pois, por mais que haja legislações que garantam a proteção do solo, água e ar, as fiscalizações por parte do poder público devem ser reforçadas, uma vez que o solo é um recurso limitado e fundamental a vida, assim como, incentivar projetos de educação ambiental tanto para a sociedade, como também para proprietários de estabelecimentos com potencial causador de impactos ambientais, como forma de expandir a importância da proteção e preservação ambiental.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. S. *et al.* **Microbiota do Solo e Qualidade**. Dissertação de mestrado. Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016.

AMORIM M. J. B *et al.* Boric acid as reference substance: pros, cons and standardization. **Ecotoxicology** 21: 919-924, 2012.

ANP - Agência Nacional De Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/5237-anuario-estatistico-2019>>. Acesso em. 14. fev.2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **NBR ISO 16387**. Qualidade do solo - Efeitos de poluentes em Enchytraeidae - Determinação de efeitos sobre reprodução e sobrevivência, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR ISO 11267**. Qualidade do solo — Inibição da reprodução de Collembola (*Folsomia candida*) por poluentes do solo. Rio de Janeiro, 2019. 18p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT - **NBR 15537/2014** Ecotoxicologia terrestre: Ecotoxicidade aguda: Método de ensaios com minhocas. Rio de Janeiro, 2014.

BARETTA, D. *et al.* Fauna edáfica e qualidade do solo. **Revista Tópicos Ciência Solo**, v. 7, 2011.

BERUDE, Marciana Christo et al. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 14-28, 2015.

BEVER, James D.; PLATT, Thomas G.; MORTON, Elise R. Microbial population and community dynamics on plant roots and their feedbacks on plant communities. Annual review of microbiology, v. 66, p. 265-283, 2012. **Annual Review in Microbiology**, New York, v. 66, p. 265-283, 2012.

BIANCHI, M. O. Ensaio Ecotoxicológicos como Ferramenta para Avaliação do Impacto Ambiental de Resíduos de Mineração Sobre o Solo. **Tese (Doutorado em Ciências)** Universidade Federal Rural do RJ, Rio de Janeiro, RJ, 91p, 2013.

BIERMANN, V. V. Avaliação quanto à eficiência de diferentes oxidantes em solos contaminados com diesel: **ensaio de bancada**. Dissertação de mestrado. Universidade La Salle – UNILASALLE, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº273, de 29 de novembro de 2000**. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº319, de 04 de dezembro de 2002**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº420, de 28 de dezembro de 2009**. Brasília, 2009.

BRITO, E. *et al.* Contaminação do solo por poluentes derivados de petróleo em postos de combustíveis. **Anuário de Produções Acadêmico-científicas dos discentes da Faculdade Araguaia**, v. 7, n. 1, p. 57-63, 2018.

CARDOSO *et al.*, Técnicas Associadas de Remediação de Contaminação da Água e do Solo por Hidrocarbonetos: Estudo de Caso em Posto de Combustível. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, 2017, 5.36.

CARDOSO, L. S. et al., Análise Ecotoxilógica Da Manipueira No Solo Utilizando o Folsomia Candida (COLLEMBOLA), **IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2016.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Relação de Áreas Contaminadas 2020. **Série Relatórios**, São Paulo, 2020. Disponível em: < Relação de áreas contaminadas | Áreas Contaminadas (cetesb.sp.gov.br) > Acesso em: 22.jun.2021

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Decisão De Diretoria Nº 256/2016/E, de 22 de Novembro de 2016. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-256-2016-E-Valores-Orientadores-Dioxinas-e-Furanos-2016-Intranet.pdf>>. Acesso em: 01. jul. 2019.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea 2016. Disponível em: < <https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-256-2016-E-Valores-Orientadores-Dioxinas-e-Furanos-2016-Intranet.pdf>> Acesso em: 01.Fev.2020.

DALLA ROSA, Vanessa Mignon et al. Ecotoxicological potential of bordeaux mixture and Neem oil on non-target soil organisms. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 470-474, 2017.

DA SILVA, R. F. Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130-137, 2013.

DE LIMA, S. D. *et al.* Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 2, p. 299-315, 2017.

DIDDEN, WA M. Ecology of terrestrial Enchytraeidae. **Pedobiologia (Jena)**, v. 37, n. 1, p. 2-29, 1993.

EMBRAPA. Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/buscadepublicacoes/publicacao/884223/importancia-de-estudos-ecotoxicologicos-cominvertebrados-do-solo>>. Acesso em: 28 jun. 2019.

FERREIRA, L. L.. Falta de efetivos e insegurança em refinarias de petróleo. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 45, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbso/a/xx9tKZs84WH76Nwymztcnwh/?lang=pt&format=pdf>> Acesso em: 03.jun.2021

FILHO, P. *et al.* Caracterização ecotoxicológica de resíduo proveniente da combustão de biomassa florestal para uso agrícola. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, 2018.

FOUNTAIN, M. T.; HOPKIN, S. P. Folsomia candida (collembola): A “Standard” Soil Arthropod. **Annual Review Of Entomology**, v. 50, n. 1, p.201-222, jan. 2005.

GRANZOTO, M.R. Toxicidade do Fipronil sobre enquitreídeos em solo natural- Teste multigeracional.2018. Dissertação de mestrado. Unicamp, SP. 2018.

HEIDERSCHEIDT, D. *et al.* Conceitos aplicados à poluição do solo decorrente do derrame de petróleo e seus derivados. **Maiêutica-Gestão Ambiental**, v. 4, n. 1, 2016.

HENTATI, O. *et al.* Toxicity assessment for petroleum-contaminated soil using terrestrial invertebrates and plant bioassays. **Environmental monitoring and assessment**, v. 185, n. 4, p. 2989-2998, 2012.

JÄNSCH, S., AMORIM, M.J.,R., J., 2005. Identification of thee cological require- ments of importantter estrial ecotoxicological test species. **Environ.Rev.**13, 51–83.

JÚNIOR, A. J. S; SOBRAL, C.; SANTOS, D. T.; Destilação Fracionada, UNISANTA, Santos, São Paulo, 2011

KROGH, P.H. **Toxicity testing with the collembolans Folsomia fimetaria and Folsomia candida and the results of a ringtest.** [s.l.];, 2008. Disponível em: <<http://www.oecd.org/chemicalsafety/testing/41389030.pdf>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2019.

LIMA, S. D. *et al.* Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 2, p. 299-315, 2017.

LIMA e SILVA, C., *et al.*, Comparative toxicity of imidacloprid and thiacloprid to different species of soil invertebrates. **Ecotoxicology**; 26:555-564, 2017.

LIU e HAILONG *et al.* Effects of Soil Properties on Cadmium Toxicity to *Folsomia candida* (Collembola). **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, p. 1-8, 2018.

MUCCILO, V.B.S. e BONATTO, D. Qual a toxicidade de Pb para *Enchytraeus crypticus*? Estudo realizado na Faculty of Science University Amsterdam, 2016. **Pôster** apresentado na UFRGS.

NETO, M. B. V.; PEREIRA, M. S. Impactos Ambientais no Refino de Petróleo, Rio de Janeiro, **Monografia para obtenção de título em especialista de Gestão do Petróleo e Gás**. Universidade Cândido Mendes, 2010.

NIERO, L.A.C. *et al.* Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1271-1282, 2010.

MAYER, P.; HOLMSTRUP, M.. Passive dosing of soil invertebrates with polycyclic aromatic hydrocarbons: limited chemical activity explains toxicity cutoff. **Environmental science & technology**, v. 42, n. 19, p. 7516-7521, 2008.

OLIVEIRA, N. M. Biorremediação de solos contaminados com gasolina pura, gasolina comercial e etanol, 2015. Disponível em: <<https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/biologia/MARIACELIAPORTELLA/5t.-aula-annelida-2014.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2019.

OLIVEIRA, Dayane et al. Toxicidade multigeracional do fipronil para *Folsomia candida* em solo natural tropical. **Dissertação de Mestrado, Unicamp**. 2017.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT - OECD 207. **Earthworm, Acute Toxicity Tests - Guideline for Testing of Chemicals**. Paris. 1984.

PIRES, A. S. Determinação de processo oxidativo químico para tratamento off site de solos contaminados por hidrocarbonetos. **Programa De Mestrado Unilasalle Canoas**, 2016.

PULLEMAN, M. *et al.* Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services—an overview of European approaches. **Current Opinion In Environmental Sustainability**, [s.l.], v. 4, n. 5, p.529-538, 2012. Elsevier BV

RIZZO, A. C. D. L., SISINNO, C. L. S., CUNHA, C. D. D., SALGADO, A. M., BARROCAS, P. R. G., TAKETANI, R. G., & GIESE, E. C. Aplicação de ensaios biológicos na avaliação da biodisponibilidade de hidrocarbonetos de petróleo em solos impactados. **Série Tecnologia Ambiental**, v.1, 2014

RUBIM, C. O descarte de efluentes líquidos industriais deve ser sempre tratado. **Revista TAE - especializada em tratamento de água e efluentes**, vol. 17 - Ano III- fev./mar. 2014. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/7201-noticias>>. Acesso em: 10 Fev. 2019.

SANTOS, E. UNGARI, H. C. N., DOS SANTOS, M. B. Principais Técnicas de Remediação e Gerenciamento de Áreas Contaminadas por Hidrocarbonetos no Estado de São Paulo. **Monografia apresentada ao Curso de Especialização de Gestão Ambiental** da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2008.

SCORIZA, R. N. *et al.* Efeito de herbicidas sobre a biota de invertebrados do solo em área de restauração florestal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1576-1584, 2015.

SILVA, J. M. da; GURGEL, I. G. D.; AUGUSTO, L. G. S. Saúde, ecologia de saberes e estudos de impactos ambientais de refinarias no Brasil. **Interface-Comunicação, Saúde, Educação**, v. 20, p. 111-122, 2016

SILVA, R. F. *et al.* Fauna edáfica influenciada pelo uso de culturas e consórcios de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 130-137, 2013.

SOUZA, R. B. G. Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos do solo e da água da região de Avaré. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, UNESP. v.1, 2016.

STANDEN, V. The production and respiration of an enchytraeid population in blanked bog. **J. Animal Ecol.** 42, 219–245, 1973.

STACECHEN C. *et al.* **Avaliação do efeito do agrotóxico Vertimec® 18 EC sobre a reprodução de enquitreídeos em solo artificial tropical.** Anais do Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas. 26 e 30 de julho de 2013. Colombo, PR, Brasil.

TANG, J. *et al.* Eco-toxicity of petroleum hydrocarbon contaminated soil. **Journal of Environmental Sciences**, v. 23, n. 5, p. 845-851, 2011.

TAVARES, SR de L. Técnicas de remediação. **Embrapa Solos-Capítulo em livro científico**, 2013.

UFES. Universidade Federal do Espírito Santo. 2014. Zoologia II. Filo Annelida. Disponível em: < <https://zoologia-ii-ufes-turma-i.webnode.com/products/annelida/>> . Acesso em: 14 de março de 2019.

VASÍČKOVÁ, J. *et al.* The variability of standard artificial soils: Effects on the survival and reproduction of springtail (*Folsomia candida*) and potworm (*Enchytraeus crypticus*). **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 114, p. 38-43, 2015.

APÊNDICE A

1. TESTE DE SENSIBILIDADE COM *F. CANDIDA*

A substância de referência utilizada foi o ácido bórico (H_3BO_3) e o solo foi o Artificial Tropical (SAT). As concentrações de H_3BO_3 aplicadas ao solo foram de 0; 25; 50; 100 e 200 mg H_3BO_3 / Kg de solo seco de acordo com o proposto pela ABNT – NBR ISO 11267/2019.

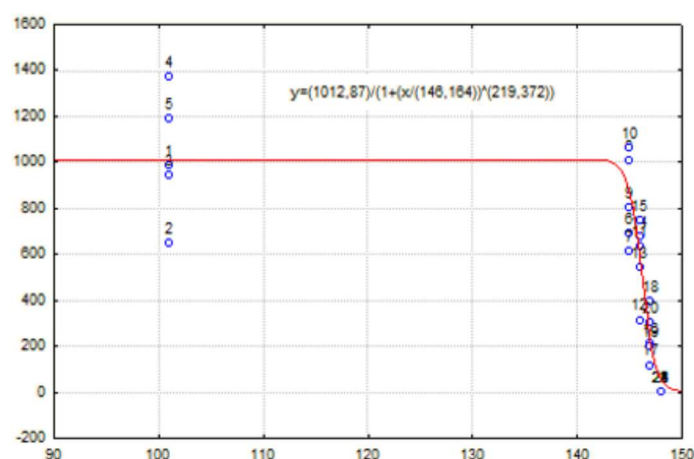
Na Tabela 12 estão expostos os números médios de organismos por concentração de H_3BO_3 bem como o coeficiente de variação que se manteve abaixo de 30% como pede ABNT, para que o teste seja validado.

Tabela 12. Resultado das médias de *F. candida* por concentração de H_3BO_3 e coeficiente de variação

Concentração de H_3BO_3 (mg.Kg ⁻¹ de solo seco)	Número médio de Organismos	Coeficiente de Variação (%)
0	1028	15,73
25	835,2	7,55
50	583,4	8,52
100	245,2	22,62
200	0	0

A partir dos dados obtidos do teste de sensibilidade do organismo *F. candida* foi possível avaliar a concentração que apresentou efeito em 50% dos organismos, sendo de 146,16 mg/Kg de solo seco (CE50), seguindo o proposto por ABNT – NBR ISO 11267/2019. O valor de p (0,000000) manteve-se abaixo de 0,05, validando a significância do teste. A Figura 22 expressa a curva dose-resposta e a equação da reta obtida.

Figura 22. Curva de dose-resposta e equação da reta do teste de sensibilidade com H_3BO_3 para *F. candida*



Fonte. Autoria própria, 2021

2. TESTE DE SENSIBILIDADE COM *E. CRYPTICUS*

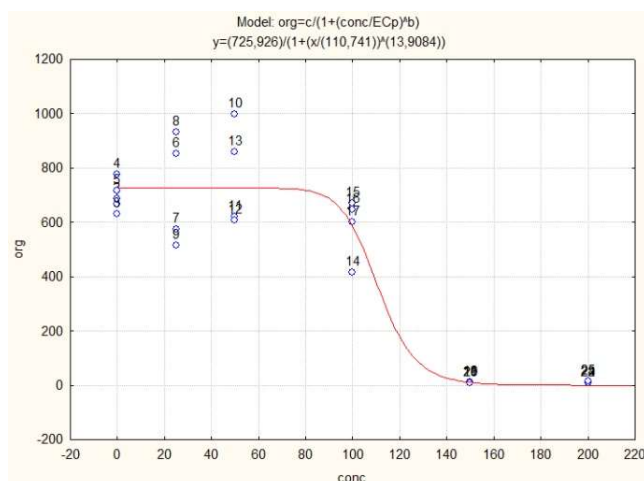
A substância de referência utilizada foi o ácido bórico (H_3BO_3) e o solo foi o Artificial Tropical (SAT). As concentrações de H_3BO_3 aplicadas ao solo foram de 0; 25; 50; 100 e 200 mg H_3BO_3 /Kg de solo seco de acordo com o proposto pela ABNT – NBR ISO 11267/2019.

Na Tabela 13 estão expostos os números médios de organismos por concentração de H_3BO_3 , bem como o coeficiente de variação que se manteve abaixo de 30% como pede ABNT, para que o teste seja validado. A Figura 23 expressa a curva dose-resposta e a equação da reta obtida.

Tabela 13. Resposta das médias de *E. crypticus* por concentração de H_3BO_3 e coeficiente de variação

Concentração de H_3BO_3 (mg.Kg ⁻¹ de solo seco)	Número médio de Organismos	Coeficiente de variação (%)
0	2847	15,04
25	2872	3,51
50	3087	4,06
100	2338	5,03
200	44	5,5

Figura 23. Curva de dose-resposta e equação da reta do teste de sensibilidade com H_3BO_3 para *E. crypticus*



Fonte. Autoria própria, 2021

A partir dos dados obtidos do teste de sensibilidade do organismo *E. crypticus* foi possível avaliar a concentração que apresentou efeito em 50% dos organismos, sendo de 110,74 mg (CE_{50}). O valor de p (0,000000) manteve-se abaixo de 0,05, validando a significância do teste. E a letalidade a partir de 140 mg, seguindo o proposto pela ABNT.

APÊNDICE B

Figura 24. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 1

Dunnett test; variable ORG (Ni jan 20) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 7382,2, df = 18,000					
Cell No.	CONC	{1}			
		1476,0			
1	C1				
2	C2	0,000035			
3	C3	0,000035			
4	C4	0,000035			
5	C5	0,000035			
6	C6	0,002275			

Fonte. Autoria própria, 2021

Figura 25. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 2

Dunnett test; variable ORG (Ni jan 20) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 12169,, df = 18,000					
Cell No.	CONC	{1}			
		1163,8			
1	C1				
2	C2	0,000035			
3	C3	0,000035			
4	C4	0,000035			
5	C5	0,000035			
6	C6	0,000035			

Fonte. Autoria própria, 2021

Figura 26. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 3

Dunnett test; variable ORG (Ni jan 20) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 8163,8, df = 21,000					
Cell No.	CONC	{1}			
		1266,3			
1	C0				
2	C1	0,903498			
3	C2	0,000007			
4	C3	0,000007			
5	C4	0,000007			
6	C5	0,000007			
7	C6	0,000007			

Fonte. Autoria própria, 2021

Figura 27. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 4

Dunnett test; variable ORG (Ni jan 20) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 2620,2, df = 21,000				
Cell No.	CONC	{1}		
		364,50		
1	C0			
2	C1	0,000008		
3	C2	0,000007		
4	C3	0,000007		
5	C4	0,000007		
6	C5	0,000007		
7	C6	0,000357		

Fonte. Autoria própria, 2021

Figura 28. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 5

Dunnett test; variable org (Teste Letícia) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 11465,, df = 24,000				
Cell No.	Label	{1}		
		1417,6		
1	C0			
2	C1	0,000000		
3	C2	0,000000		
4	C3	0,000000		
5	C4	0,002921		
6	C5	0,022730		

Fonte. Autoria própria, 2021

Figura 29. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 6

Dunnett test; variable org (Teste Letícia) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 22064,, df = 24,000				
Cell No.	Label	{1}		
		1495,2		
1	C0			
2	C1	0,000000		
3	C2	0,000000		
4	C3	0,000185		
5	C4	0,000757		
6	C5	0,268930		

Fonte. Autoria própria, 2021

Figura 30. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 7

Dunnett test; variable org (Teste Leticia) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 1126,0, df = 24,000				
Cell No.	Label	{1}		
		486,00		
1	C0			
2	C1	0,000000		
3	C2	0,000000		
4	C3	0,000000		
5	C4	0,000000		
6	C5	0,000030		

Fonte. Autoria própria, 2021

Figura 31. Resultado do teste de Dunnett (ANOVA) para teste 8

Dunnett test; variable org (Teste Leticia) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 2557,9, df = 24,000				
Cell No.	Label	{1}		
		588,40		
1	C0			
2	C1	0,000000		
3	C2	0,000000		
4	C3	0,000000		
5	C4	0,000000		
6	C5	0,000381		

Fonte. Autoria própria, 2021

APÊNDICE C

Anexo Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico (FISPQ)

- Shell V-Power Nitro + (GASOLINA)
- Shell Evolux Diesel B S10 (ÓLEO DIESEL)

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

1. Identificação do produto e da empresa

Nome do Material : **Gasolina Shell V-Power Nitro+**
Uso recomendado / Restrições de Uso : Combustível para motores de ignição por centelhamento projetados para funcionar com gasolina sem chumbo.
Código do Produto : 002D1661N
Fabricante/Fornecedor : **Raízen Combustíveis S.A.**
Av. Juscelino Kubitschek, 1327
Edifício Plaza II – Itaim Bibi
CEP 04543-011 – São Paulo - SP
Telefone : (11) 2344 6200
Telefone de Emergência : 0800 0251120
Contato de e-mail para a FISPQ : fale@raizen.com

2. Identificação de perigos

Classificação GHS : Líquidos inflamáveis, Categoria 1
Corrosão/irritação cutânea, Categoria 2
Carcinogenicidade, Categoria 1B
Mutagenicidade em células germinais, Categoria 1B
Perigo por aspiração, Categoria 1
Toxicidade específica dos órgãos-alvo após exposição única, Categoria 3, Inalação
Tóxico para a reprodução, Categoria 2
Danos oculares severos/irritação ocular, Categoria 2
Riscos crônicos ao ambiente aquático, Categoria 2
Perigos agudos para o ambiente aquático, Categoria 2

Elementos de Rótulo GHS

Símbolo(s) :



Palavras de Indicação : Perigo

Declarações de perigo : PERIGO FISICO:

H224: Líquido e vapor extremamente inflamáveis.

PERIGOS PARA A SAÚDE:

H319: Provoca irritação ocular grave.

H361: Suspeito de afetar a fertilidade ou o nascituro.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

H316: Provoca uma irritação de pele amena.

H351: Suspeito de provocar cancer.

H340: Pode causar defeitos genéticos.

H336: Pode provocar sonolência ou vertigens.

H304: Pode ser mortal por ingestão e penetração nas vias respiratórias.

PERIGOS AMBIENTAIS:

H401: Tóxico para a vida aquática.

H411: Tóxico à vida aquática com efeitos de longa duração.

**Advertências GHS
Prevenção**

- : P210: Manter afastado do calor/faísca/chama aberta/superfícies quentes. – Não fumar.
P233: Manter o recipiente bem fechado.
P240: Ligação à terra/equipotencial do recipiente e do equipamento receptor.
P241: Use equipamento elétrico/de ventilação/iluminação à prova de explosão.
P242: Utilizar apenas ferramentas antifaíscas.
P243: Evitar acumulação de cargas eletrostáticas.
P201: Pedir instruções específicas antes da utilização.
P202: Não manuseie o produto antes de ter lido e entendido todas as precauções de segurança.
- P281: Usar o equipamento de proteção individual exigido.
P261: Evitar respirar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis.
P271: Utilizar apenas ao ar livre ou em locais bem ventilados.
P273: Evitar a liberação no meio ambiente.

Reação

- : P302: SE ENTRAR EM CONTACTO COM A PELE:
P361: Despir/retirar imediatamente toda a roupa contaminada.
P353: Enxaguar a pele com água/tomar um duche.
P370: Em caso de incêndio:
P378: Para a extinção utilizar.
P332: Em caso de irritação cutânea:
P313: Consulte um médico.
P304+P340: EM CASO DE INALAÇÃO: retirar a vítima para uma zona ao ar livre e mantê-la em repouso numa posição que não dificulte a respiração.
P312: Caso sinta indisposição, contate um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou um médico.
P301+P310: EM CASO DE INGESTÃO: Ligue imediatamente para um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou para

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

- um médico.
P331: NÃO provocar o vômito.
P391: Recolher o produto derramado.
- Armazenamento** : P403: Armazenar em local bem ventilado.
P235: Conservar em ambiente fresco.
P405: Armazenar em local fechado à chave.
P233: Manter o recipiente bem fechado.
- Descarte** : P501: Eliminar o conteúdo/recipiente em locais adequados ou através de entidades certificadas para o efeito, de acordo com a legislação nacional e normas locais.
- Outros Perigos que não resultam em Classificação** : Possibilidade de dano a órgão ou sistema de órgãos pela exposição prolongada; consulte detalhes no Capítulo 11.
Órgão(s) alvo: Órgãos formadores de sangue. Sistema nervoso periférico.
Podem ser geradas cargas eletrostáticas durante o manuseio.
Descarga eletrostática pode provocar incêndio.
O líquido evapora rapidamente e pode pegar fogo levando a um incêndio em nuvem, ou a uma explosão em um espaço confinado.
- Informações Adicionais** : Este produto destina-se apenas a uso em sistemas fechados.

3. Composição e informações sobre os ingredientes

- Descrição da preparação** : Mistura complexa de hidrocarbonetos constituída de parafinas, cicloparafinas, hidrocarbonetos aromáticos e olefínicos (incluindo benzeno a 1,0% v/v no máximo), com número de átomos de carbono predominantemente na faixa de C4 a C12. Contém hidrocarbonetos oxigenados, incluindo etanol ou outros alcoóis. Lei nº 12.490 de 16/09/2011 – Art.9º, §1º

Pode conter também vários aditivos a < 0,1% v/v cada.

Classificação dos componentes de acordo com o GHS

Identidade Química	CAS	Classe de perigo (categoria)	Declarações de perigo	Conc.
Gasolina, nafta de baixo ponto de evaporação	86290-81-5	Flam. Liq., 1; Pele Corr., 2; Asp. Tox., 1; Repr., 2; Muta., 1B; Carc., 1B; STOT SE, 3; Cronicidade Aquática, 2;	H224; H315; H304; H361d; H340; H350; H336; H411; H401;	72,00 % a 83,00%

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Etanol	64-17-5	Flam. Liq., 2; Dano Ocular, 2A;	H225; H319;	17,00% a 28,00 %
--------	---------	---------------------------------------	-------------	------------------

No. ONU : 1203

Informações Adicionais : Contém Benzeno, CAS # 71-43-2. Contém Tolueno, CAS # 108-88-3. Contém Etilbenzeno, CAS # 100-41-4. Contém n-Hexano, CAS # 110-54-3. Contém Xileno (Isômeros Misturados), CAS # 1330-20-7. Contém Naftaleno, CAS # 91-20-3. Contém Ciclohexano, CAS# 110-82-7. Contém Estireno, CAS # 100-42-5.

Contém Tri-metil-benzeno (todos os isômeros), CAS# 25551-13-7. **Corantes e marcadores podem ser usados para indicar a situação fiscal e evitar fraude.**

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

- Inalação** : Remova para o ar fresco. Se não ocorrer uma recuperação rápida, leve para a unidade de saúde mais próxima para tratamento adicional.
- Contato com a Pele** : Remova as roupas contaminadas. Lave imediatamente a pele com volumes abundantes de água por pelo menos 15 minutos, siga lavando com sabão e água se disponível. Se ocorrer vermelhidão, intumescimento, dor e/ou bolha, leve para a unidade de saúde mais próxima para tratamento adicional. Durante o uso de equipamentos de alta pressão, pode ocorrer injeção do produto sob a pele. Se ocorrerem ferimentos devido a injeção por alta pressão, a vítima deve ser enviada imediatamente para um hospital. Não espere que os sintomas apareçam.
- Contato com os Olhos** : Lave os olhos com água enquanto mantém as pálpebras abertas. Descanse os olhos por 30 minutos. Se persistir a vermelhidão, queimação, visão embaçada ou o intumescimento, leve para a unidade de saúde mais próxima para tratamento adicional.
- Ingestão** : Se engolido, não provoque o vômito: leve para a unidade de saúde mais próxima para tratamento adicional. Se o vômito ocorrer espontaneamente, mantenha a cabeça abaixo dos quadris para evitar aspiração. Se algum dos seguintes sinais e sintomas tardios aparecer nas próximas 6 horas, transporte para a unidade de saúde mais próxima: febre maior que 38.3 °C (101° F), falta de ar, congestão no peito, tosse ou chiado contínuos.
- Sintomas Mais Importantes/ Efeitos, Em Curto Prazo e Retardados** : Sinais e sintomas de irritação da pele podem incluir sensação de queimadura, vermelhidão, intumescimento e/ou bolhas. Se o material entrar nos pulmões, os sinais e sintomas podem incluir tosse, sufocamento, chiado, dificuldade de respiração, congestão do peito, falta de ar e/ou febre. O início dos

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

	<p>sintomas respiratórios pode se atrasar por várias horas após a exposição. Respirar altas concentrações de vapor pode causar depressão do sistema nervoso central (SNC) resultando em vertigem, atordoamento, dor de cabeça e náusea. O prejuízo aos órgãos formadores de sangue pode ser evidenciado por: a) fadiga e anemia (RBC), b) resistência à infecção reduzida, e/ou hemorragia interna ou externa excessiva (efeito plaqueta). Danos aos nervos periféricos podem ser evidenciados pelo prejuízo da função motora (descoordenação, passo instável, fraqueza dos músculos nas extremidades e/ou perda de sensação nos braços e pernas). Sinais e sintomas de irritação dos olhos podem incluir sensação de queimação e vermelhidão temporária dos olhos. Os efeitos sobre o sistema auditivo podem incluir perda temporária de audição e/ou zumbido nos ouvidos.</p>
Atenção médica imediata, tratamento especial	<p>: Faça tratamento sintomático. As pessoas em tratamento com disulfiram (Antabuse®), devem estar cientes que o álcool etílico neste produto, é perigoso para elas da mesma maneira que o álcool de qualquer outra fonte. As reações do disulfiram (vômito, dor de cabeça e mesmo desmaio) podem se seguir à ingestão de pequenas quantidades de álcool e também foram descritas pelo contato com a pele.</p>

5. Medidas de combate a incêndio

Remova todo o pessoal não emergencial da área do fogo.

Perigos específicos da combustão de produtos químicos	<p>: Produtos de combustão perigosos podem incluir: Uma mistura complexa de gases e particulados aéreos sólidos e líquidos (fumaça). Monóxido de carbono. Compostos orgânicos e inorgânicos não identificados. O vapor é mais pesado que o ar, se espalha pelo solo, sendo possível uma ignição distante. Irá flutuar e pode incendiar novamente em água superficial.</p>
Meios de Extinção apropriados	<p>: Espuma, spray ou névoa de água. Pó químico seco, dióxido de carbono, areia ou terra podem ser usados somente para pequenos incêndios.</p>
Material de Extinção Inadequado	<p>: Não aplique jatos d'água diretamente no produto em chamas, pois isso pode causar uma explosão de vapor e espalhar o fogo. Evite o uso simultâneo de espuma e água na mesma superfície, pois a água destrói a espuma.</p>
Equipamento de Proteção e Precaução para Bombeiros	<p>: Para aproximar-se de um incêndio em espaço confinado, devem ser utilizados equipamentos de proteção apropriados, inclusive equipamento de respiração autônomo.</p>
Alertas Adicionais	<p>: Mantenha os recipientes adjacentes frios pulverizando água. Se possível remova os recipientes da zona de perigo. Se o fogo não puder ser extinto, a única ação a ser tomada é evacuar imediatamente. Contenha o material residual nos locais afetados para evitar que o material entre na rede de esgoto, canais e cursos d'água.</p>

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Evite contato com material derramado ou liberado. Remova imediatamente toda a roupa contaminada. Para orientação na seleção de equipamentos de proteção pessoal consulte o Capítulo 8 desta Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico. Para orientação no descarte de material derramado consulte o Capítulo 13 desta Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico. Obedeça todos os regulamentos relevantes locais e internacionais. Evite contato com a pele, olhos e roupas. Evacue todo o pessoal não essencial da área. Ventile a área contaminada completamente. Se ocorrer a contaminação de locais, a correção pode requerer consulta a especialistas. Assegure a continuidade elétrica ligando e aterrando (massa) todos os equipamentos. Tome medidas preventivas contra descargas estáticas.

- | | | |
|---|---|--|
| Precauções Pessoais, Equipamento de Proteção e Procedimentos de Emergência | : | O vapor pode se dispersar por distâncias consideráveis, tanto acima como abaixo da superfície do solo. Obras subterrâneas (drenos, tubulações, dutos de cabos) podem formar caminhos preferenciais de fluxo. Não respire a fumaça, o vapor. Tomar medidas para minimizar os efeitos sobre o lençol freático. Contenha o material residual nos locais afetados para evitar que o material entre na rede de esgoto, canais e cursos d'água. |
| Precauções Ambientais | : | Feche os vazamentos, se possível sem riscos pessoais. Remova todas as fontes possíveis de ignição na área circundante. Use contenção adequada (para o produto e a água de incêndio) para evitar contaminação ambiental. Evite o espalhamento ou entrada em drenos, valas ou rios usando areia, terra ou outras barreiras adequadas. Tente dispersar o vapor ou dirigir seu fluxo para um local seguro, usando spray de névoa por exemplo. Tome medidas preventivas contra descargas estáticas. Assegure a continuidade elétrica ligando e aterrando (massa) todos os equipamentos. |
| Métodos e Materiais para Armazenamento e Limpeza | : | Para grandes derramamentos de líquido (> 1 tambor), transfira o resíduo por meios mecânicos, como um caminhão a vácuo, para um tanque de salvamento, para recuperação ou descarte seguro
Para pequenos derramamentos de líquido (< 1 tambor), transfira o resíduo por meios mecânicos para um recipiente rotulável e selável, para recuperação ou descarte seguro
Deixe evaporar os resíduos ou embeba em um material absorvente adequado e descarte de maneira segura. Remova o solo contaminado e descarte de maneira segura. |
| Alertas Adicionais | : | Notifique as autoridades se ocorrer ou puder ocorrer qualquer exposição ao público em geral ou ao meio ambiente. As autoridades locais devem ser avisadas se vazamentos significativos não puderem ser contidos. Derrames marítimos devem ser tratados de acordo com o plano de emergência Shipboard Oil Pollution (SOPEP), segundo as exigências da MARPOL Anexo 1 Regulamento 26. |

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

7. Manuseio e armazenamento

- Precauções Gerais** : Evite ter contato ou respirar o material. Use apenas em áreas bem ventiladas. Lave cuidadosamente após o uso. Para orientação na seleção de equipamentos de proteção pessoal consulte o Capítulo 8 desta Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico. Use as informações desta ficha de informações como entrada para uma avaliação de riscos das circunstâncias locais, para ajudar a determinar os controles adequados. Seque com ar as roupas contaminadas em uma área bem ventilada antes de lavar. Descarte adequadamente quaisquer panos contaminados ou materiais de limpeza para evitar incêndios. Evite derramamentos. Desligue todos os aparelhos eletrônicos portáteis operados a bateria (exemplos incluem: telefones celulares, bips e reprodutores de CD) antes de operar a bomba de gasolina. Não use como solvente de limpeza ou em outros usos como combustível não de motores. Artigos de couro contaminados, incluindo sapatos, não podem ser descontaminados e devem ser destruídos para prevenir reuso. Para aconselhamento completo em manuseio, transferência do produto, armazenamento e limpeza de tanque, consulte o fornecedor do produto. Áreas de abastecimento de veículos e de oficina – Evite inalação de vapores e contato com a pele, quando encher ou esvaziar um veículo.
- Precauções para o Manuseio Seguro** : Ao usar não coma e não beba. Apague qualquer chama. Não fume. Remova fontes de ignição. Evite centelhas. Nunca faça sifão com a boca. O vapor é mais pesado que o ar, se espalha pelo solo, sendo possível uma ignição distante. Evite exposição.
- Condições para Armazenamento Seguro** : Armazenamento de tambores e pequenos recipientes: Mantenha os recipientes fechados quando fora de uso. Os tambores devem ser empilhados até o máximo de 3 alturas. O produto embalado deve ser mantido bem fechado e armazenado em uma área represada (contida) e bem ventilada, longe de fontes de ignição e outras fontes de calor. Use recipientes identificados e que fechem adequadamente. Tome precauções adequadas quando abrir recipientes selados, pois a pressão interna pode aumentar durante o armazenamento. Armazenagem em tanque: Os tanques devem ser projetados especificamente para este produto. Os tanques de armazenamento a granel devem ser represados (contidos). Coloque os tanques longe do calor e outras fontes de ignição. A limpeza, inspeção e manutenção de tanques de armazenamento são operações especializadas, que requerem a implementação de procedimentos e precauções rígidas.
- Transferência do Produto** : As cargas eletrostáticas podem ser geradas durante a bombeamento. A descarga eletrostática pode provocar incêndio. Assegurar a continuidade elétrica, ligando à terra todo o equipamento.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

- Velocidade de linha restrita durante o bombeamento para evitar a produção de descarga eletrostática (≤ 1 m/seg até o tubo de enchimento estar submerso a duas vezes o seu diâmetro, depois ≤ 7 m/seg). Evitar salpicos ao encher. NÃO utilizar ar comprimido para as operações de encher, descarregar ou manusear. Aguarde 2 minutos após encher o tanque (para tanques como os de caminhões tanque) antes de abrir escotilhas ou entradas de inspeção. Aguarde 30 minutos após encher o tanque (para tanques de grande capacidade) antes de abrir escotilhas ou entradas de inspeção.
- Materiais Recomendados** : Para recipientes ou revestimento destes, use aço doce, aço inoxidável. O alumínio também pode ser usado para aplicações onde não apresente um risco de fogo desnecessário. Exemplos de materiais adequados são: polietileno de alta densidade (HDPE), polipropileno (PP) e Viton (FKM), cuja compatibilidade foi especificamente testada com este produto. Como revestimento para recipientes, use tinta epóxi curada com aduto de amina. Para selos e juntas use: grafite, PTFE, Viton A, Viton B.
- Materiais Inadequados** : Alguns materiais sintéticos podem não ser adequados para recipientes ou seus revestimentos, dependendo da especificação do material e do uso desejado. Exemplos de materiais a evitar são: borracha natural (NR), borracha nitrílica (NBR), borracha de etileno-propileno (EPDM), polimetil metacrilato (PMMA), poliestireno, cloreto de polivinila (PVC), poliisobutileno. Entretanto, alguns podem ser adequados para materiais de luvas.
- Alerta da Embalagem** : Os recipientes, mesmo os já vazios, podem conter vapores explosivos. Não corte, fure, moa, solde ou realize operações similares sobre os recipientes ou próximo deles. Recipientes de gasolina não devem ser usados para armazenar outros produtos.
- Outros Conselhos** : Garanta que todos os regulamentos locais para instalações de manuseio e armazenamento sejam seguidos.

8. Controle de exposição e proteção individual

Se o valor da Conferência Americana da Indústria Governamental Higienista (ACGIH) estiver disponível nesse documento, será somente para informação.

Limites de Exposição Ocupacional

Material	Fonte	Tipo	ppm	mg/m3	Notação
Gasolina, nafta de baixo ponto de evaporação	ACGIH	TWA	300 ppm		

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

	ACGIH	STEL	500 ppm		
Benzeno	ACGIH	TWA	0,5 ppm		
	ACGIH	STEL	2,5 ppm		
	ACGIH				Pode ser absorvido pela pele.
	SHELL IS	TWA	0,5 ppm	1,6 mg/m3	
	SHELL IS	STEL	2,5 ppm	8 mg/m3	
Tolueno	ACGIH	TWA	20 ppm		
Etil benzeno	ACGIH	TWA	100 ppm		
	ACGIH	STEL	125 ppm		
Xileno	ACGIH	TWA	100 ppm		
	ACGIH	STEL	150 ppm		
Trimetilbenzeno, todos os isômeros	ACGIH	TWA	25 ppm		
Estireno	ACGIH	TWA	20 ppm		
	ACGIH	STEL	40 ppm		
n-hexano	ACGIH	TWA	50 ppm		
	ACGIH				Pode ser absorvido pela pele.
Naftaleno	ACGIH	TWA	10 ppm		
	ACGIH	STEL	15 ppm		
	ACGIH				Pode ser absorvido pela pele.
Ciclohexano	ACGIH	TWA	100 ppm		
Etanol	ACGIH	STEL	1.000 ppm		

Informações Adicionais : A notação “pele” significa que uma exposição significativa também pode ocorrer por absorção de líquido através da pele, e de vapor através dos olhos ou membranas de mucosas. SHELL IS é a Norma Interna Shell.

Material	Fonte	Designação do Risco
Gasolina, nafta de baixo ponto de evaporação	ACGIH	Carcinógeno animal confirmado, com relevância desconhecida em humanos.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Benzeno	ACGIH	Carcinógeno humano confirmado.
Tolueno	ACGIH	Não é classificável como um carcinógeno humano.
Xileno	ACGIH	Não é classificável como um carcinógeno humano.
Estireno	ACGIH	Não é classificável como um carcinógeno humano.
Naftaleno	ACGIH	Não é classificável como um carcinógeno humano.
Etanol	ACGIH	Não é classificável como um carcinógeno humano.

Índice de Exposição Biológica (BEI) - consulte a referência para detalhes completos

Benzeno	Ácido s-fenilmercaptúrico em Creatinina na urina	Tempo de amostragem: Fim do turno.	25 µg/g	ACGIH BEL (01 2010)
	t,t-Ácido mucônico em Creatinina na urina	Tempo de amostragem: Fim do turno.	500 µg/g	ACGIH BEL (01 2010)
Tolueno	tolueno na Urina	Tempo de amostragem: Fim do turno.	0,03 mg/l	ACGIH BEL (01 2010)
	tolueno no Sangue	Tempo de amostragem: Antes do último turno da semana de trabalho.	0,02 mg/l	ACGIH BEL (01 2010)
	o-Cresol, com hidrólise em Creatinina na urina	Tempo de amostragem: Fim do turno.	0,3 mg/g	ACGIH BEL (01 2010)
Etil benzeno	Soma de ácido mandélico e ácido fenilgloxílico em Creatinina na urina	Tempo de amostragem: Final do turno no final da semana de trabalho.	0,7 g/g	ACGIH BEL (01 2010)

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

	Etilbenzeno em Ar exalado ao final	Tempo de amostragem: Não crítico.		ACGIH BEL (01 2010)
Xileno	Ácidos metil-hipúricos em Creatinina na urina	Tempo de amostragem: Fim do turno.	1,5 g/g	ACGIH BEL (01 2010)
Estireno	estireno em Sangue venoso	Tempo de amostragem: Fim do turno.	0,2 mg/l	ACGIH BEL (01 2010)
	Ácido mandélico mais ácido fenilgloxílico em Creatinina na urina	Tempo de amostragem: Fim do turno.	400 mg/g	ACGIH BEL (01 2010)
n-hexano	2,5-hexanodiona, sem hidrólise na Urina	Tempo de amostragem: Final do turno no final da semana de trabalho.	0,4 mg/l	ACGIH BEL (01 2010)

- Controles de Engenharia apropriados** : O nível de proteção e os tipos de controle necessários irão variar dependendo das condições potenciais de exposição. Selecione os controles com base em uma avaliação de risco das circunstâncias locais (PPRA e PCMSO). Medidas adequadas incluem: Use sistemas selados sempre que possível. Uma adequada ventilação à prova de explosão para controlar as concentrações aéreas abaixo dos limites/diretrizes de exposição. É recomendada a ventilação de exaustão no local. Lava-olhos e chuveiros para uso emergencial.
- Medidas de Proteção Individual** : Os equipamentos de proteção individual (EPI) devem obedecer as normas recomendadas no país, o que deve ser verificado com os fornecedores de EPIs.
- Proteção Respiratória** : Se os controles da engenharia não mantiverem as concentrações aéreas em um nível que seja adequado para proteger a saúde dos trabalhadores, selecione equipamentos de proteção respiratória adequados para as condições específicas de uso e que atendam a legislação pertinente. Verifique com os fornecedores de equipamentos respiratórios de proteção. Onde os respiradores com filtros de ar forem adequados, selecione uma combinação apropriada de máscara e filtro.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

	<p>Onde os respiradores com filtragem de ar forem inadequados (p. ex. altas concentrações aéreas, risco de deficiência de oxigênio, espaço confinado) use aparelho de respiração de pressão positiva apropriado. Todos os equipamentos de proteção respiratória e o seu uso devem estar de acordo com os regulamentos locais, e inseridos no Programa de Proteção Respiratória.</p>
Proteção das Mãos	: Higiene pessoal é elemento chave para cuidado efetivo das mãos. Luvas devem ser vestidas somente sobre mãos limpas. Após usar luvas, as mãos devem ser lavadas e secadas completamente. A aplicação de um creme não perfumado é recomendada. A serventia e a durabilidade de uma luva dependem de seu uso, p.ex. frequência e duração de contato, resistência química do material da luva, espessura da luva, destreza. Consulte sempre as recomendações do fabricante da luva. Luvas contaminadas devem ser substituídas. Selecione luvas de acordo com a Norma legal vigente. Quando ocorrer contato prolongado ou frequente, recomenda-se uso de luvas nitrílicas. (Tempo de ruptura > 240 minutos). Para proteção contra contato/respingos incidentais, recomenda-se uso de luvas de Neoprene ou PVC.
Proteção dos olhos	: Proteção dos olhos contra químicos (inteiriço, contra químicos). De acordo com a Norma legal vigente. Evite o uso de lentes de contato enquanto manuseia este produto.
Proteção da pele e do corpo	: Luvas de punho curto/longo, botas e aventais resistentes a químicos (onde houver risco de espirros).
Perigos Térmicos	: Dados não disponíveis.
Métodos de monitoramento	: Monitorar a concentração de substâncias na zona de respiração dos trabalhadores ou em todo o local de trabalho pode ser necessário para confirmar o cumprimento do LEO (Limite de Exposição Operacional). Para algumas substâncias também pode ser adequado o monitoramento biológico.
Controles de Exposição Ambiental	: As diretrizes locais para limites de emissão de substâncias voláteis devem ser seguidas em relação à descarga de ar de exaustão contendo vapores.

9. Propriedades físico-químicas

Aparência	: Líquido, límpido, esverdeado.
Odor	: Hidrocarboneto, característico
Limite de odor	: Dados não disponíveis.
pH	: Dados não disponíveis.
Ponto de Ebulição Inicial e Faixa de Ebulição	: 25 - 220 °C / 77 - 428 °F
	:
Ponto de fulgor	: -40 °C / -40 °F
Limites de inflamabilidade ou explosão inferiores /superiores	: 1 - 8 %(V)

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Temperatura de auto-ignição	: > 250 °C / 482 °F
Pressão de vapor	: 69 kPa @ 37,8 °C / 100 °F
Densidade Relativa	: 0,700 - 0,800 (típico)
Densidade	: aprox. 0,780 g/cm ³ a 15 °C / 59 °F
Solubilidade em água	: Negligenciável.
Solubilidade em outros solventes	: Dados não disponíveis.
Coeficiente de partição: n-octano/água	: Dados não disponíveis.
Viscosidade dinâmica	: Dados não disponíveis.
Viscosidade cinemática	: < 1 mm ² /s a 40 °C / 104 °F
Densidade do vapor (ar=1)	: 3,5
Velocidade de evaporação (nBuAc=1)	: Dados não disponíveis.
Teor de Enxofre	: 50 mg/kg, máximo
Inflamabilidade	: Extremamente inflamável.

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Estabilidade Química	: Estável sob condições normais de uso.
Possibilidade de Reações Perigosas	: Dados não disponíveis.
Condições a Evitar	: Evite calor, centelhas, chamas e outras fontes de ignição.
Materiais Incompatíveis	: Agentes de oxidação fortes.
Produtos perigosos de decomposição	: Não é esperado que se formem produtos perigosos de decomposição durante a armazenagem normal. A decomposição térmica depende muito das condições. Uma mistura complexa de sólidos, líquidos e gases em suspensão, incluindo o monóxido de carbono, o dióxido de carbono e outros compostos orgânicos não identificáveis irão desenvolver quando este material passar pela combustão ou pela degradação térmica ou oxidativa.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Informações sobre efeitos toxicológicos

Base para Avaliação	: As informações fornecidas são baseadas em dados do produto, em conhecimentos sobre os componentes e na toxicologia de produtos similares.
Prováveis Rotas de Exposição	: A exposição pode ocorrer através da inalação, ingestão, absorção pela pele, contacto com a pele ou com os olhos e ingestão acidental.
Toxicidade oral aguda	: Baixa toxicidade: LD50 >2000 mg/kg , Rato Baixa toxicidade: LD50 > 5000 mg/kg , Rato A aspiração pelos pulmões quando engolido ou vomitado pode causar pneumonia química, que pode ser fatal.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Toxicidade Dérmica Aguda	: Baixa toxicidade: LD50 >2000 mg/kg , Coelho Baixa toxicidade: LD50 >2000 mg/kg , Coelho
Toxicidade Inalatória Aguda	: Baixa toxicidade: LC50 >5 mg/l , 4 h, Rato Baixa toxicidade: LC50 >5 mg/l , 4 h, Rato Altas concentrações podem causar depressão do sistema nervoso central, resultando em dores de cabeça, vertigem e náusea; a inalação contínua resulta em perda de consciência e/ou morte.
Corrosão/Irritação da Pele	: Irritante para a pele.
Dano/Irritação Séria dos Olhos	: Irritante para os olhos.
Irritação Respiratória	: Com base na experiência com humanos, a inalação de vapores ou névoas pode causar uma sensação temporária de queimadura no nariz, garganta e pulmões.
Sensibilização de Pele ou Respiratória	: Não se espera que seja um sensibilizante.
Perigo por aspiração	: A aspiração pelos pulmões quando engolido ou vomitado pode causar pneumonia química, que pode ser fatal.
Mutagenicidade em células germinativas	: Pode causar problema genético hereditário. (Benzeno) Estudos mutagênicos com gasolina e correntes de mistura de gasolina apresentaram resultados predominantemente negativos.
Carcinogenicidade	: Carcinógeno humano conhecido. (Benzeno) Pode causar leucemia (AML – leucemia mielóide aguda). (Benzeno) A exposição por inalação em camundongos provoca tumores no fígado, que não são considerados relevantes para humanos.
Toxicidade reprodutiva e de desenvolvimento	: Causa toxicidade no feto em doses que são tóxicas para a mãe. (Tolueno) Causa efeitos adversos no feto, com base em estudos em animais. (Tolueno) Muitos estudos de caso envolvendo o abuso durante a gravidez indicam que o tolueno pode causar defeitos congênitos, retardo do crescimento e dificuldades de aprendizado. (Tolueno) Etanol, um componente desse material, pode causar defeitos congênitos e/ou abortos após altas doses orais. Pode prejudicar a fertilidade nas doses em que produz outros efeitos tóxicos.
Toxicidade específica dos órgãos-alvo após exposição única	: Altas concentrações podem causar depressão do sistema nervoso central, resultando em dores de cabeça, vertigem e náusea; a inalação contínua resulta em perda de consciência

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

	e/ou morte.
Toxicidade de órgão alvo específica – exposição repetida	: Rim: provocou efeitos renais em ratos machos, que não considerados relevantes para humanos Órgãos formadores de sangue: exposição repetida afeta a medula óssea. (Benzeno) Sistema nervoso periférico: exposição repetida causa neuropatia periférica em animais. (n-hexano)
Informações Adicionais	: A exposição a concentrações muito altas de materiais similares tem sido associada com ritmos cardíacos irregulares e parada cardíaca. A exposição prolongada e repetida a altas concentrações provocou perda auditiva em ratos. O excesso de solventes e a combinação de ruídos no ambiente de trabalho podem causar perda auditiva. (Tolueno) O abuso de vapores tem sido associado com prejuízo aos órgãos e à morte. (Tolueno) A síndrome mielodisplástica (MDS) foi observada em indivíduos expostos a níveis muito altos de benzeno (faixa de 50 ppm a 300 ppm) durante um longo período de tempo, no local de trabalho. A relevância destes resultados para níveis de exposição mais baixos não é conhecida. (Benzeno)

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Base para Avaliação	: Dados ecotoxicológicos incompletos estão disponíveis a esta substância.
Toxicidade Aguda	: Tóxico: LL/EL/IL50 1-10 mg/l (para os organismos aquáticos) (LL/EL50 expresso como a quantidade nominal do produto necessária para preparar o extrato aquoso de teste).
Peixe	: Considerado tóxico: LL/EL/IL50 1-10 mg/l
Invertebrados	: Considerado tóxico: LL/EL/IL50 1-10 mg/l
Aquáticos	
Algas	: Considerado tóxico: LL/EL/IL50 1-10 mg/l
Microorganismos	: Considerado prejudicial: LL/EL/IL50 10-100 mg/l
Mobilidade	: Flutua na água. Evapora da superfície da água ou do solo em um dia. Grandes volumes podem penetrar no solo e contaminar o lençol freático. Contém componentes voláteis Flutua na água. Se o produto penetrar no solo, um ou mais constituintes irão, ou poderão percolar, e podem contaminar o lençol freático.
Persistência/degradação	: Espera-se que os principais componentes sejam

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

- inerentemente biodegradáveis Os componentes voláteis oxidarão rapidamente por reações fotoquímicas no ar. Oxida rapidamente por reações fotoquímicas no ar.
- Potencial Bioacumulativo** : Considerado inerentemente biodegradável. Contém componentes com potencial de bioacumulação
- Outros efeitos adversos** : Os filmes formados na água podem afetar a transferência de oxigênio e prejudicar organismos.

13. Considerações sobre tratamento e disposição

- Descarte de Material** : Recupere ou recicle se possível. É responsabilidade do gerador do resíduo determinar a toxicidade e as propriedades físicas do material gerado, para determinar a classificação e métodos de descarte adequados, em conformidade com os regulamentos aplicáveis. O lixo resultante de um derramamento ou limpeza de tanque deve ser descartado de acordo com os regulamentos predominantes, de preferência com um coletor ou fornecedor reconhecido. A competência do coletor ou fornecedor deve ser estabelecida antecipadamente. Não descarte no meio ambiente, em drenos ou cursos de água. Não descarte o líquido do fundo de tanques drenando-os para o solo. Isto resultará em contaminação do solo e do lençol freático.
- Descarte da Embalagem** : Drene completamente o recipiente. Após escoar, ventile em um local seguro, livre de centelhas e fogo. Os resíduos podem provocar perigo de explosão. Não fure, corte ou solde tambores não limpos. Envie para o recuperador de tambores ou reciclador de metais. Não polua o solo, a água ou o meio ambiente com o recipiente descartado.
- Legislação Local** : O descarte deve estar de acordo com as leis e regulamentos regionais, nacionais e locais aplicáveis. Os regulamentos locais podem ser mais severos que os requisitos regionais ou nacionais, e devem ser seguidos.

14. Informações sobre transporte

ADR

- Classe : 3
- Grupo de embalagem : II
- Número de identificação do risco : 33
- UN No. : 1203
- Etiqueta de perigo (risco primário) : 3
- Nome apropriado para embarque : ETHANOL AND MOTOR SPIRIT MIXTURE
- Perigo Ambiental : Perigoso para o ambiente

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico**RID**

Classe	: 3
Grupo de embalagem	: II
Código de classificação	: F1
Número de identificação do risco.	: 33
UN No.	: 1203
Etiqueta de perigo (risco primário)	: 3
Nome apropriado para embarque	: GASOLINA TIPO C
Perigo Ambiental	: Não

IMDG

Número de identificação	: UN 1203
Nome apropriado para embarque	: ETHANOL AND MOTOR SPIRIT MIXTURE
Classe / Divisão	: 3
Grupo de embalagem	: II
Poluente marinho	: Sim

IATA (podem haver variações por país)

UN No.	: 1203
Nome apropriado para embarque	: Ethanol and gasoline mixture
Classe / Divisão	: 3
Grupo de embalagem	: II

Informações Adicionais : As regras da MARPOL se aplicam a embarques marítimos a granel.

15. Regulamentações

Não se pretende que as informações regulamentares sejam completas. Outros regulamentos podem se aplicar a este material.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES**Declarações de perigo**

H224	Líquido e vapor extremamente inflamáveis.
H225	Líquido e vapor facilmente inflamáveis.
H304	Pode ser mortal por ingestão e penetração nas vias respiratórias.
H315	Provoca irritação cutânea.
H319	Provoca irritação ocular grave.
H336	Pode provocar sonolência ou vertigens.
H340	Pode causar defeitos genéticos.
H350	Pode provocar cancro.
H361d	Suspeito de prejudicar fetos.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

H401 Tóxico para a vida aquática.
H411 Tóxico à vida aquática com efeitos de longa duração.

Informações Adicionais : Este documento contém informações importantes para garantir a armazenagem, manuseio e uso seguros deste produto. As informações neste documento devem ser levadas à atenção da pessoa da sua organização, responsável por dar orientação em assuntos de segurança.

Número de Versão da FISPQ : 4.0

Data Efetiva da FISPQ : 21/03/2011

Revisões da FISPQ : Uma barra vertical (|) na margem esquerda indica uma alteração da versão anterior.

Regulamentos de FISPQ : O conteúdo e o formato desta Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico está de acordo com os requisitos da ABNT 14725-1:2009.

Usos e Restrições : Este produto não deve ser usado em aplicações que não as recomendadas na Seção 1, sem antes buscar a opinião do fornecedor.
Este produto não deve ser usado como solvente ou agente de limpeza; para acender ou reavivar fogo; como limpador para a pele.
Este produto é desenhado somente para aplicações automotivas, e não há provisão para requisições de aplicações em aviação.

Distribuição da FISPQ : As informações contidas neste documento devem ser disponibilizadas a todos que possam manusear o produto

Renúncia : Esta informação baseia-se no nosso conhecimento corrente, e destina-se apenas a descrever o produto quanto aos requisitos em termos de saúde, segurança e ambiente. Não deve por tanto ser interpretada como garantia de qualquer propriedade específica do produto.

Versões

Versão 1.0 – em 21/03/2011 – elaboração da FISPQ em padrão GHS.

Versão 2.0 – em 12/12/2013 – introdução da gasolina S-50

Versão 3.0 – em 15/07/2014 – alteração do nome do produto para Shell V-Power Nitro+

Versão 4.0 – em 10/02/2015 - – ampliação do percentual de etanol anidro para 27% (+/- 1%) efetivo em 16/02/2015.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

1. Identificação do produto e da empresa

Nome do Material : **Shell Evolux Diesel B S10**
Uso recomendado / Restrições de Uso : Combustível para motores à diesel para uso rodoviário.

Código do Produto : 002D1670

Fabricante/Fornecedor : **Raízen Combustíveis S.A.**
Av. Juscelino Kubitschek, 1327
Edifício Plaza II – Itaim Bibi
CEP 04543-011 - São Paulo - SP

Telefone : (11) 2344 6200
Telefone de Emergência : 0800 0251120
Contato de e-mail para a FISPQ : fale@raizen.com

2. Identificação de perigos

Classificação GHS : Líquidos inflamáveis, Categoria 3
Perigo por aspiração, Categoria 1
Corrosão/irritação cutânea, Categoria 2
Toxicidade aguda, Categoria 4, Inalação
Carcinogenicidade, Categoria 2
Toxicidade específica dos órgãos-alvo após exposição repetida, Categoria 2, Timo, Fígado, Sangue.
Riscos crônicos ao ambiente aquático, Categoria 2
Perigos agudos para o ambiente aquático, Categoria 2

Elementos de Rótulo GHS

Símbolo(s) :



Palavras de Indicação : Perigo

Declarações de perigo : PERIGO FÍSICO:
H226: Líquido e vapor inflamáveis.

PERIGOS PARA A SAÚDE:
H304: Pode ser mortal por ingestão e penetração nas vias respiratórias.
H315: Provoca irritação cutânea.
H332: Nocivo por inalação.
H351: Suspeito de provocar cancer.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

H373: Pode afetar os órgãos após exposição prolongada ou repetida.

PERIGOS AMBIENTAIS:

H401: Tóxico para a vida aquática.

H411: Tóxico para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

Advertências GHS Prevenção

- : P210: Manter afastado do calor/faísca/chama aberta/superfícies quentes. – Não fumar.
P261: Evitar respirar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis.
P280: Usar luvas de proteção/vestuário de proteção/proteção ocular/proteção facial.

Reação

- : P301+P310: EM CASO DE INGESTÃO: Ligue imediatamente para um CENTRO DE INFORMAÇÃO ANTIVENENOS ou para um médico.
P331: NÃO provocar o vômito.

Descarte

- : P501: Eliminar o conteúdo/recipiente em locais adequados ou através de entidades certificadas para o efeito, de acordo com a legislação nacional e normas locais.

Outros Perigos que não resultam em Classificação

- : O vapor no espaço vazio dos tanques e recipientes pode incendiar-se e explodir em temperaturas que excedam a de auto-ignição, em locais onde a concentração de vapor esteja dentro da faixa de inflamabilidade.
Pode incendiar em superfícies com temperaturas acima da temperatura de auto-ignição.
As cargas eletrostáticas podem ser geradas durante o bombeamento. A descarga eletrostática pode provocar incêndio.

Informações Adicionais

- : Este produto destina-se apenas a uso em sistemas fechados.

3. Composição e informações sobre os ingredientes

Descrição da preparação

- : Mistura complexa de hidrocarbonetos constituída de parafinas, cicloparafinas, hidrocarbonetos aromáticos e olefínicos com número de átomos de carbono predominantemente na faixa de C9 a C25. Pode conter também vários aditivos a < 0,1% v/v cada. Pode conter melhorador de cetano (Etil Hexil Nitrato) a < 0,2% v/v.
Contém aditivo Nemo 2000 @ 500 ppm (m/m).
Pode conter óleos fracionados cataliticamente com compostos aromáticos policíclicos, principalmente espécies de 3, mas também algumas de 4 e 6 anéis.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Classificação dos componentes de acordo com o GHS

Identidade Química	CAS	Classe de perigo (categoria)	Declarações de perigo	Conc.
Combustíveis, diesel	68334-30-5	Flam. Liq., 3; Asp. Tox., 1; Aguda Tox., 4; Pele Corr., 2; Carc., 2; STOT RE, 2; Aquática Crônica, 2; Aquática Aguda, 2;	H226; H304; H332; H315; H351; H373; H411; H401;	89,50 % a 90,50%
Biodiesel, C16-18 e C18-insaturado, ésteres	67762-38-3	Nenhuma;	Nenhuma;	9,50 % a 10,50%

No. ONU : 1202

Informações Adicionais : Corantes e marcadores podem ser usados para indicar a situação fiscal e evitar fraude.

4. MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

- Inalação** : Remova para o ar fresco. Se não ocorrer uma recuperação rápida, leve para a unidade de saúde mais próxima para tratamento adicional.
- Contato com a Pele** : Remova as roupas contaminadas. Lave imediatamente a pele com volumes abundantes de água por pelo menos 15 minutos, siga lavando com sabão e água se disponível. Se ocorrer vermelhidão, intumescimento, dor e/ou bolha, leve para a unidade de saúde mais próxima para tratamento adicional. Durante o uso de equipamentos de alta pressão, pode ocorrer injeção do produto sob a pele. Se ocorrerem ferimentos devido a injeção por alta pressão, a vítima deve ser enviada imediatamente para um hospital. Não espere que os sintomas apareçam.
- Contato com os Olhos** : Lave o olho com grandes quantidades de água. Se ocorrer irritação persistente, busque atenção médica.
- Ingestão** : Se engolido, não provoque o vômito: leve para a unidade de saúde mais próxima para tratamento adicional. Se o vômito ocorrer espontaneamente, mantenha a cabeça abaixo dos quadris para evitar aspiração. Se algum dos seguintes sinais e sintomas tardios aparecer nas próximas 6 horas, transporte para a unidade de saúde mais próxima: febre maior que 38.3 °C (101° F), falta de ar, congestão no peito, tosse ou chiado contínuos. Não dê nada por via oral.
- Sintomas Mais** : Se o material entrar nos pulmões, os sinais e sintomas podem

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Importantes/ Efeitos, Em Curto Prazo e Retardados	incluir tosse, sufocamento, chiado, dificuldade de respiração, congestão do peito, falta de ar e/ou febre. O início dos sintomas respiratórios pode se atrasar por várias horas após a exposição. Sinais e sintomas de irritação da pele podem incluir sensação de queimadura, vermelhidão ou inchaço.
Atenção médica imediata, tratamento especial	: Faça tratamento sintomático.

5. Medidas de combate a incêndio

Remova todo o pessoal não emergencial da área do fogo.

Perigos específicos da combustão de produtos químicos	: Produtos de combustão perigosos podem incluir: Uma mistura complexa de gases e particulados aéreos sólidos e líquidos (fumaça). Monóxido de carbono. Óxidos de enxofre. Compostos orgânicos e inorgânicos não identificados. O monóxido de carbono se desenvolve quando ocorre combustão incompleta. Irá flutuar e pode incendiar novamente em água superficial. Vapores inflamáveis podem estar presentes mesmo em temperaturas abaixo do ponto de fulgor.
Meios de Extinção apropriados	: Espuma, spray ou névoa de água. Pó químico seco, dióxido de carbono, areia ou terra podem ser usados somente para pequenos incêndios.
Material de Extinção Inadequado	: Não aplique jatos d'água diretamente no produto em chamas, pois isso pode causar uma explosão de vapor e espalhar o fogo. Evite o uso simultâneo de espuma e água na mesma superfície, pois a água destrói a espuma.
Equipamento de Proteção e Precaução para Bombeiros	: Vista roupas de proteção completa e aparelho de respiração autônomo.
Alertas Adicionais	: Mantenha os recipientes adjacentes frios pulverizando água.

6. Medidas de controle para derramamento ou vazamento

Evite contato com material derramado ou liberado. Para orientação na seleção de equipamentos de proteção pessoal consulte o Capítulo 8 desta Ficha de informações de segurança de produtos químicos - FISPQ. Veja informações para descarte no Capítulo 13. Obedeça todos os regulamentos relevantes locais e internacionais. Evacue todo o pessoal não essencial da área. Ventile a área contaminada completamente.

Precauções Pessoais, Equipamento de Proteção e Procedimentos de Emergência	: Não respire a fumaça, o vapor. Não opere equipamentos elétricos.
Precauções Ambientais	: Feche os vazamentos, se possível sem riscos pessoais. Remova todas as fontes possíveis de ignição na área circundante. Use contenção adequada (para o produto e a água de incêndio) para evitar contaminação ambiental. Evite o

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

- espalhamento ou entrada em drenos, valas ou rios usando areia, terra ou outras barreiras adequadas. Tente dispersar o vapor ou dirigir seu fluxo para um local seguro, usando spray de névoa por exemplo. Tome medidas preventivas contra descargas estáticas. Assegure a continuidade elétrica ligando e aterrando (massa) todos os equipamentos.
- Métodos e Materiais para Armazenamento e Limpeza** : Para pequenos derramamentos de líquido (< 1 tambor), transfira o resíduo por meios mecânicos para um recipiente rotulável e selável, para recuperação ou descarte seguro. Deixe evaporar os resíduos ou embeba em um material absorvente adequado e descarte de maneira segura. Remova o solo contaminado e descarte de maneira segura. Para grandes derramamentos de líquido (> 1 tambor), transfira o resíduo por meios mecânicos, como um caminhão a vácuo, para um tanque de salvamento, para recuperação ou descarte seguro. Transfira com pá para um recipiente claramente identificado, para descarte ou resgate de acordo com os regulamentos locais.
- Alertas Adicionais** : Notifique as autoridades se ocorrer ou puder ocorrer qualquer exposição ao público em geral ou ao meio ambiente. As autoridades locais devem ser avisadas se vazamentos significativos não puderem ser contidos. Derrames marítimos devem ser tratados de acordo com o plano de emergência Shipboard Oil Pollution (SOPEP), segundo as exigências da MARPOL Anexo 1 Regulamento 26.

7. Manuseio e armazenamento

- Precauções Gerais** : Evite ter contato ou respirar o material. Use apenas em áreas bem ventiladas. Lave cuidadosamente após o uso. Para orientação na seleção de equipamentos de proteção pessoal consulte o Capítulo 8 desta Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico. Use as informações desta ficha de informações como entrada para uma avaliação de riscos das circunstâncias locais, para ajudar a determinar os controles adequados. Seque com ar as roupas contaminadas em uma área bem ventilada antes de lavar. Descarte adequadamente quaisquer panos contaminados ou materiais de limpeza para evitar incêndios. Evite derramamentos. Use ventilação de exaustão local se houver o risco de inalação de vapores, névoas ou aerossóis. Nunca faça sifão com a boca. Artigos de couro contaminados, incluindo sapatos, não podem ser descontaminados e devem ser destruídos para prevenir reuso. Para aconselhamento completo em manuseio, transferência do produto, armazenamento e limpeza de tanque, consulte o fornecedor do produto. Manutenção e Abastecimento - evitar inalação dos vapores e contato com a pele.
- Precauções para o Manuseio Seguro** : Evite inalar o vapor e/ou névoas. Evite contato prolongado ou repetido com a pele. Ao usar não coma e não beba. Apague

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

	<p>qualquer chama. Não fume. Remova fontes de ignição. Evite centelhas. Aterre todos os equipamentos. As cargas eletrostáticas podem ser geradas durante o bombeamento. A descarga eletrostática pode provocar incêndio. O vapor é mais pesado que o ar, se espalha pelo solo, sendo possível uma ignição distante.</p>
Condições para Armazenamento Seguro	<p>: Armazenamento de tambores e pequenos recipientes: Os tambores devem ser empilhados até o máximo de 3 alturas. Use recipientes identificados e que fechem adequadamente. Armazenagem em tanque: Os tanques devem ser projetados especificamente para este produto. Os tanques de armazenamento a granel devem ser represados (contidos). Coloque os tanques longe do calor e outras fontes de ignição. Deve ser armazenado em uma área represada (contida) e bem ventilada, longe da luz solar, de fontes de ignição e outras fontes de calor. Os vapores dos tanques não devem ser liberados para a atmosfera. As perdas por evaporação durante o armazenamento devem ser controladas por um sistema adequado de tratamento de vapor. O vapor é mais pesado que o ar. Fique alerta para o acúmulo em poços e espaços confinados. Mantenha em uma área contida com um piso selado (baixa permeabilidade), para proporcionar contenção contra derramamento. Evite a entrada de água.</p>
Transferência do Produto	<p>: Evite encher pelo topo do recipiente, deposite o material no fundo. Aguarde 2 minutos após encher o tanque (para tanques como os de caminhões tanque) antes de abrir escotilhas ou entradas de inspeção. Aguarde 30 minutos após encher o tanque (para tanques de grande capacidade) antes de abrir escotilhas ou entradas de inspeção. Mantenha os recipientes fechados quando fora de uso. Não use ar comprimido para encher, descarregar ou manusear. A contaminação resultante da transferência do produto pode dar origem a vapor de hidrocarbonetos leves no espaço vazio de tanques que previamente continham gasolina. Este vapor pode explodir se houver uma fonte de ignição. Recipientes parcialmente cheios apresentam maior perigo que os completamente cheios, portanto as atividades de manuseio, transferência e exame precisam de cuidado especial.</p>
Materiais Recomendados	<p>: Para recipientes ou revestimento destes, use aço doce, aço inoxidável. O alumínio também pode ser usado para aplicações onde não apresente um risco de fogo desnecessário. Exemplos de materiais adequados são: polietileno de alta densidade (HDPE) e Viton (FKM), cuja compatibilidade foi especificamente testada com este produto. Como revestimento para recipientes, use tinta epóxi curada com aduto de amina. Para selos e juntas use: grafite, PTFE, Viton A, Viton B.</p>
Materiais Inadequados	<p>: Alguns materiais sintéticos podem não ser adequados para recipientes ou seus revestimentos, dependendo da especificação do material e do uso desejado. Exemplos de materiais a evitar são: borracha natural (NR), borracha nitrílica (NBR), borracha de etileno-propileno (EPDM), polimetil</p>

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

- metacrilato (PMMA), poliestireno, cloreto de polivinila (PVC), poliisobutileno. Entretanto, alguns podem ser adequados para materiais de luvas.
- Alerta da Embalagem** : Os recipientes, mesmo os já vazios, podem conter vapores explosivos. Não corte, fure, moa, solde ou realize operações similares sobre os recipientes ou próximo deles.
- Outros Conselhos** : Garanta que todos os regulamentos locais para instalações de manuseio e armazenamento sejam seguidos.

8. Controle de exposição e proteção individual

Se o valor da Conferência Americana da Indústria Governamental Higienista (ACGIH) estiver disponível nesse documento, será somente para informação.

Limites de Exposição Ocupacional

Material	Fonte	Tipo	ppm	mg/m3	Notação
Combustíveis, diesel	ACGIH	TWA [Fração inalável e vapor.]		100 mg/m3	como hidrocarbonetos totais
	ACGIH	[Fração inalável e vapor.]			Pode ser absorvido pela pele. como hidrocarbonetos totais

- Informações Adicionais** : A notação “pele” significa que uma exposição significativa também pode ocorrer por absorção de líquido através da pele, e de vapor através dos olhos ou membranas de mucosas.

Material	Fonte	Designação do Risco
Combustíveis, diesel	ACGIH	Carcinógeno animal confirmado, com relevância desconhecida em humanos.

Índice de Exposição Biológica (BEI) - consulte a referência para detalhes completos

Nenhum limite biológico alocado.

- Controles de Engenharia apropriados** : O nível de proteção e os tipos de controle necessários irão variar dependendo das condições potenciais de exposição. Selecione os controles com base em uma avaliação de risco das circunstâncias locais. Medidas adequadas incluem: Use sistemas selados sempre que possível. Uma adequada ventilação para controlar as concentrações aéreas abaixo dos limites/diretrizes de exposição. É recomendada a ventilação de

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

	exaustão no local. Lava-olhos e chuveiros para uso emergencial.
Medidas de Proteção Individual	: Os equipamentos de proteção individual (EPI) devem obedecer as normas recomendadas no país, o que deve ser verificado com os fornecedores de EPIs.
Proteção Respiratória	: Se os controles da engenharia não mantiverem as concentrações aéreas em um nível que seja adequado para proteger a saúde dos trabalhadores, selecione equipamentos de proteção respiratória adequados para as condições específicas de uso e que atendam a legislação pertinente. Verifique com os fornecedores de equipamentos respiratórios de proteção. Onde os respiradores com filtragem de ar forem inadequados (p. ex. altas concentrações aéreas, risco de deficiência de oxigênio, espaço confinado) use aparelho de respiração de pressão positiva apropriado. Onde os respiradores com filtros de ar forem adequados, selecione uma combinação apropriada de máscara e filtro. Todos os equipamentos de proteção respiratória e o seu uso devem estar de acordo com os regulamentos locais.
Proteção das Mãos	: Higiene pessoal é elemento chave para cuidado efetivo das mãos. Luvas devem ser vestidas somente sobre mãos limpas. Após usar luvas, as mãos devem ser lavadas e secadas completamente. A aplicação de um creme não perfumado é recomendada. A serventia e a durabilidade de uma luva depende de seu uso, p.ex. frequência e duração de contato, resistência química do material da luva, espessura da luva, destreza. Consulte sempre as recomendações do fabricante da luva. Luvas contaminadas devem ser substituídas. Selecione luvas de acordo com a Norma legal vigente. Quando ocorrer contato prolongado ou freqüente, recomenda-se uso de luvas nitrílicas. (Tempo de ruptura > 240 minutos). Para proteção contra contato/respingos incidentais, recomenda-se uso de luvas de Neoprene ou PVC.
Proteção dos olhos	: Proteção dos olhos contra químicos (inteiriço, contra químicos). De acordo com a Norma legal vigente.
Proteção da pele e do corpo	: Luvas de punho curto/longo, botas e aventais resistentes a químicos (onde houver risco de espirros).
Perigos Térmicos	: Não se aplica.
Métodos de monitoramento	: Monitorar a concentração de substâncias na zona de respiração dos trabalhadores ou em todo o local de trabalho pode ser necessário para confirmar o cumprimento do LEO (Limite de Exposição Operacional). Para algumas substâncias também pode ser adequado o monitoramento biológico.
Controles de Exposição Ambiental	: As diretrizes locais para limites de emissão de substâncias voláteis devem ser seguidas em relação à descarga de ar de exaustão contendo vapores.

9. Propriedades físico-químicas

Aparência	: Líquido límpido, de cor amarelada a alaranjada, até tons de marrom.
Odor	: Característico.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Limite de odor	: Dados não disponíveis.
pH	: Não aplicável
Ponto de Ebulição Inicial e Faixa de Ebulição	: 141 - 462 °C / 286 - 864 °F
Ponto de fluidez	: ≤ 6 °C / 43 °F
Ponto de fulgor	: 38 °C / 100 °F (ASTM D-93 / PMCC)
Limites de inflamabilidade ou explosão inferiores /superiores	: Dados não disponíveis.
Temperatura de auto-ignição	: > 225 °C / 437 °F
Pressão de vapor	: 0,4 kPa a 40 °C / 104 °F
Densidade Relativa	: Dados não disponíveis.
Densidade @ 20 °C	: 0,815 a 0,850 g/cm ³ a 20°C
Solubilidade em água	: Dados não disponíveis.
Solubilidade em outros solventes	: Dados não disponíveis.
Coefficiente de partição: n-octano/água	: Dados não disponíveis.
Viscosidade dinâmica	: Dados não disponíveis.
Viscosidade cinemática	: Dados não disponíveis.
Densidade do vapor (ar=1)	: Dados não disponíveis.
Velocidade de evaporação (nBuAc=1)	: Dados não disponíveis.
Temperatura de decomposição	: Dados não disponíveis.
Inflamabilidade	: Líquido inflamável.

10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

Estabilidade Química	: Estável sob condições normais de uso.
Possibilidade de Reações Perigosas	: Dados não disponíveis.
Condições a Evitar	: Evite calor, centelhas, chamas e outras fontes de ignição.
Materiais Incompatíveis	: Agentes de oxidação fortes.
Produtos perigosos de decomposição	: Não é esperado que se formem produtos perigosos de decomposição durante a armazenagem normal. A decomposição térmica depende muito das condições. Uma mistura complexa de sólidos, líquidos e gases em suspensão, incluindo o monóxido de carbono, o dióxido de carbono e outros compostos orgânicos não identificáveis irão desenvolver quando este material passar pela combustão ou pela degradação térmica ou oxidativa.

11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Informações sobre efeitos toxicológicos

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Base para Avaliação	: As informações fornecidas são baseadas em dados do produto, em conhecimentos sobre os componentes e na toxicologia de produtos similares.
Prováveis Rotas de Exposição	: O contato com a pele e os olhos são rotas primárias de exposição, embora a exposição possa ocorrer através da inalação ou após a ingestão accidental.
Toxicidade oral aguda	: Baixa toxicidade: LD50 > 5000 mg/kg , Rato
Toxicidade Dérmica Aguda	: Baixa toxicidade: LD50 >2000 mg/kg , Coelho
Toxicidade Inalatória Aguda	: Nocivo por inalação. LC50 > 1.0 - <= 5.0 mg/l , 4 h, Rato Altas concentrações podem causar depressão do sistema nervoso central, resultando em dores de cabeça, vertigem e náusea; a inalação contínua resulta em perda de consciência e/ou morte.
Corrosão/Irritação da Pele	: Irritante para a pele.
Dano/Irritação Séria dos Olhos	: Considerado levemente irritante.
Irritação Respiratória	: A inalação de vapores ou névoas pode causar irritação ao sistema respiratório.
Sensibilização de Pele ou Respiratória	: Não se espera que seja um sensibilizante da pele.
Perigo por aspiração	: A aspiração pelos pulmões quando engolido ou vomitado pode causar pneumonia química, que pode ser fatal.
Mutagenicidade em células germinativas	: Estudos de mutagenicidade in-vitro mostram que a atividade mutagênica está relacionada ao teor de policíclicos aromáticos de 4-6 anéis. Positivo em ensaios de mutagenicidade in vitro, mas negativo em in vivo.
Carcinogenicidade	: Evidência limitada de efeito carcinogênico. O contato repetido com a pele resultou em irritação e câncer de pele em animais.
Toxicidade reprodutiva e de desenvolvimento	: Não se espera que comprometa a fertilidade. Não se espera que seja um tóxico para o desenvolvimento.
Toxicidade específica dos órgãos-alvo após exposição única	: Não classificado.
Toxicidade de órgão alvo específica – exposição repetida	: Afeta os órgãos após exposição prolongada ou repetida. Sangue. Timo. Fígado.

12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Base para Avaliação	: As informações fornecidas são baseadas em conhecimento dos componentes e da ecotoxicologia de produtos similares. Os combustíveis são feitos tipicamente da mistura de vários produtos de refino. Foram realizados estudos ecotoxicológicos em uma variedade de misturas e linhas de hidrocarbonetos, mas não nos que contêm aditivos.
Toxicidade Aguda	: (LL/EL50 expresso como a quantidade nominal do produto necessária para preparar o extrato aquoso de teste).
Peixe	: Considerado tóxico: LL/EL/IL50 > 1 <= 10 mg/l
Invertebrados	: Considerado tóxico: LL/EL/IL50 > 1 <= 10 mg/l
Aquáticos	
Algas	: Considerado tóxico: LL/EL/IL50 > 1 <= 10 mg/l
Microorganismos	: Considerado praticamente não tóxico: LL/EL/IL50 > 100 mg/l
Toxicidade Crônica	
Peixe	: NOEC/NOEL esperado > 0,01 - <=0,1 mg/l (com base nos dados modelados)
Invertebrados	: NOEC/NOEL esperado > 0,1 - <=1,0 mg/l (com base nos dados modelados)
Aquáticos	
Mobilidade	: Flutua na água. Evapora parcialmente da superfície da água ou do solo, mas uma proporção significativa permanece após um dia. Grandes volumes podem penetrar no solo e contaminar o lençol freático. Contém componentes voláteis. Evapora parcialmente da superfície da água ou do solo, mas uma proporção significativa permanece após um dia. Se o produto entrar no solo, um ou mais de seus componentes será permeante e poderá contaminar o lençol de água. Flutua na água. Grandes volumes podem penetrar no solo e contaminar o lençol freático.
Persistência/degradação	: Os principais componentes são inerentemente biodegradáveis. Os componentes voláteis oxidarão rapidamente por reações fotoquímicas no ar. Prontamente biodegradável.
Potencial Bioacumulativo	: Contém componentes com potencial de bioacumulação
Outros efeitos adversos	: Os filmes formados na água podem afetar a transferência de oxigênio e prejudicar organismos.

13. Considerações sobre tratamento e disposição

Descarte de Material	: Recupere ou recicle se possível. É responsabilidade do gerador do resíduo determinar a toxicidade e as propriedades físicas do material gerado, para determinar a classificação e métodos de descarte adequados, em conformidade com os regulamentos aplicáveis. Não descarte no meio ambiente, em drenos ou cursos de água. Não descarte o líquido do fundo de tanques drenando-os para o solo. Isto resultará em contaminação do solo e do lençol freático. O lixo resultante de um derramamento ou limpeza de tanque deve ser descartado de acordo com os regulamentos predominantes, de preferência com um coletor ou fornecedor reconhecido. A competência do coletor ou fornecedor deve ser estabelecida
-----------------------------	--

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

Descarte da Embalagem	: antecipadamente. Envie para o recuperador de tambores ou reciclador de metais. Drene completamente o recipiente. Após escoar, ventile em um local seguro, livre de centelhas e fogo. Os resíduos podem provocar perigo de explosão se aquecidos acima do ponto de fulgor. Não fure, corte ou solde tambores não limpos. Não polua o solo, a água ou o meio ambiente com o recipiente descartado. Atenda qualquer regulamento local de recuperação ou descarte de resíduos.
Legislação Local	: O descarte deve estar de acordo com as leis e regulamentos regionais, nacionais e locais aplicáveis. Os regulamentos locais podem ser mais severos que os requisitos regionais ou nacionais, e devem ser seguidos.

14. Informações sobre transporte

ADR / ANTT

Classe	: 3
Grupo de embalagem	: III
Número de identificação do risco.	: 30
No. ONU	: 1202
Etiqueta de perigo (risco primário)	: 3
Nome apropriado para embarque	: DIESEL / DIESEL
Perigo Ambiental	: Perigoso para o ambiente

RID

Classe	: 3
Grupo de embalagem	: III
Código de classificação	: F1
Número de identificação do risco.	: 30
No. ONU	: 1202
Etiqueta de perigo (risco primário)	: 3
Nome apropriado para embarque	: DIESEL
Perigo Ambiental	: Perigoso para o ambiente

IMDG

Número de identificação	: UN 1202
Nome apropriado para embarque	: DIESEL FUEL
Classe / Divisão	: 3
Grupo de embalagem	: III
Poluente marinho	: Sim

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

IATA (podem haver variações por país)

UN No. : 1202
Nome apropriado para embarque : Diesel fuel
Classe / Divisão : 3
Grupo de embalagem : III

Informações Adicionais : As regras da MARPOL se aplicam a embarques marítimos a granel.

15. Regulamentações

Não se pretende que as informações regulamentares sejam completas. Outros regulamentos podem se aplicar a este material.

16. OUTRAS INFORMAÇÕES

Declarações de perigo

H226 Líquido e vapor inflamáveis.
H304 Pode ser mortal por ingestão e penetração nas vias respiratórias.
H315 Provoca irritação cutânea.
H332 Nocivo por inalação.
H351 Suspeito de provocar.
H373 Pode afectar os órgãos após exposição prolongada ou repetida.
H401 Tóxico para a vida aquática.
H411 Tóxico à vida aquática com efeitos de longa duração.

Informações Adicionais : Este documento contém informações importantes para garantir a armazenagem, manuseio e uso seguros deste produto. As informações neste documento devem ser levadas à atenção da pessoa da sua organização, responsável por dar orientação em assuntos de segurança.

Número de Versão da FISPQ : 6.0

Data Efetiva da FISPQ : 01/11/2012

Revisões da FISPQ : Uma barra vertical (|) na margem esquerda indica uma alteração da versão anterior.

Regulamentos de FISPQ : O conteúdo e o formato desta Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico está de acordo com os requisitos da ABNT 14725-1:2009.

Usos e Restrições : Este produto não deve ser usado em aplicações que não as recomendadas na Seção 1, sem antes buscar a opinião do fornecedor.
Este produto não deve ser usado como solvente ou agente de limpeza; para acender ou reavivar fogo; como limpador para a pele.

Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico

- Distribuição da FISPQ** : As informações contidas neste documento devem ser disponibilizadas a todos que possam manusear o produto
- Renúncia** : Esta informação baseia-se no nosso conhecimento corrente, e destina-se apenas a descrever o produto quanto aos requisitos em termos de saúde, segurança e ambiente. Não deve por tanto ser interpretada como garantia de qualquer propriedade específica do produto.

Revisões:

Em 11/04/2014 – Revisão 01 - Versão 2.0 – Alteração do ponto inicial da densidade conforme Resolução ANP nº 50 de 23/12/2013.

Em 01/07/2014 – Revisão 02 – Versão 3.0 – Atualização do aumento para 6% vol de biodiesel.

Em 01/10/2014 – Revisão 03 – Versão 4.0 – Atualização do aumento para 7% vol de biodiesel.

Em 01/02/2017 – Revisão 04 – Versão 5.0 – Revisão da FISPQ, e atualização do aumento de volume para 8% de biodiesel (efetivo a partir de 01/03/2017).

Em 15/02/2018 – Revisão 05 – Versão 6.0 – Revisão da FISPQ, e atualização do aumento de volume para 10% de biodiesel (efetivo a partir de 01/03/2018).