

NOME DO PROGRAMA

DEPARTAMENTO

NOME DA INSTITUIÇÃO ASSOCIADA SE EXISTIR

NOME DA INSTITUIÇÃO

TÍTULO

Nome completo

CIDADE
2023

Nome completo

TÍTULO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Nome do programa da Nome da Instituição, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Informática.

Área de concentração: Trabalho de Conclusão de Curso

Orienta- Nome do coorientador
dora:

Coorienta- Nome do coorientador
dora:

CIDADE
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca do Instituto Federal do Paraná – Campus Umuarama)

M854a Moriya, Alex Issamu
Aplicação do cálculo de equilíbrio de fase sólido-líquido para misturas binárias de diferentes compostos graxos e álcoois / Alex Issamu Moriya. – Umuarama, 2021.
65f. il.

Orientadora: Profª. Dra. Stella Alonso Rocha
Coorientadora: Profª. Dra. Darliane Aparecida Martins

Dissertação (mestrado) – Mestrado acadêmico associado: Universidade Estadual de Maringá, Instituto Federal do Paraná. – Programa de pós-graduação em sustentabilidade (PSU) 2021.

1. Equilíbrio Sólido-Líquido. 2. Energia livre de Gibbs. 3. Minimização Global. I Rocha, Stella Alonso. II Martins, Darliane Aparecida. III Universidade Estadual de Maringá. IV Instituto Federal do Paraná. V Título.

CDD 21. ed. 510.285

<div>Símbolo da Inst.</div>	TERMO DE APROVAÇÃO
<div>Fonte: Arial, tamanho 12, Negrito, maiúsculo e centralizado, espaço entrelinhas simples.</div>	NOME DOS AUTORES
TÍTULO DO PROJETO OU DA MONOGRAFIA Subtítulo (não obrigatório)	<div>Fonte: Arial, tamanho 12, Negrito, maiúsculo e centralizado, espaço entrelinhas simples.</div>
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial para obtenção do Bacharelado e/ou Licenciatura em Curso XXX da Universidade XXX do XXX do XXXX – SIGLA DA INSTI., defendido e aprovado em ____ de ____ de ____ pela banca examinadora constituída por:	<div>Fonte: Arial, tamanho 12, Negrito, maiúsculo e centralizado, espaço entrelinhas simples.</div> <div>Obs.: confirma o título</div>
<div>_____ Prof.(ª) Dr.(ª)/Ms. (nome do Orientador(a)) (Orientador(a))</div>	<div>Fonte: Arial, tamanho 12, Negrito, maiúsculo e centralizado, espaço entrelinhas simples.</div>
<div>_____ Prof.(ª) Dr.(ª)/Ms. (nome do membro) (Membro)</div>	
<div>_____ Prof.(ª) Dr.(ª)/Ms. (nome do membro) (Membro)</div>	

Dedico esse trabalho ...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida.

A matemática, olhada corretamente, possui não apenas verdade, mas suprema beleza, uma beleza fria e austera, como aquela da escultura, sem apelo a qualquer parte da nossa natureza mais fraca, sem as encantadoras armadilhas da pintura ou da música, mas sublimemente pura, e capaz de uma rigorosa perfeição que somente a maior das artes pode exhibir. (RUSSELL, Bertrans, 1970).

RESUMO

Resumo

Palavras-chave: Palavras-chave

ABSTRACT

Abstract

Keywords: key words

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ácido Mirístico	11
Figura 2 – Ácido Esteárico	12
Figura 3 – Ácido Palmítico	12
Figura 4 – 1-Hexadecanol	13
Figura 5 – Convexidade de conjuntos	15
Figura 6 – Site do Geogebra	16
Figura 7 – Diagrama do equilíbrio sólido-líquido para mistura Ácido Mirístico e Ácido Esteárico	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grupos de ácidos graxos típicos em biodiesel	7
Tabela 2 – Composição dos ácidos graxos do óleo de soja, de rícino e de cambre. . . .	9
Tabela 3 – Coeficiente de Determinação	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DSC	Calorimetria exploratória diferencial
ESL	Equilíbrio sólido-líquido
GA	Algoritmo Genérico
GRG	Gradiente Reduzido Generalizado
NRTL	<i>Nonrandom Two Liquid Theory</i>
PIM	Programação Inteira Mista linear
PL	Programação Linear
PNL	Programação Não-linear
UNIQUAC	<i>Quasi-chemical Theory</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

R	Constante universal dos gases
ΔH_f	Entalpia de fusão
f	Fugacidade
G	Energia livre de Gibbs
NC	Número de componentes
NF	Número de fases
A_{ij} ou A_{12}	Parâmetro de Margules
μ	Potencial químico
P	Pressão
T	Temperatura
T_f	Temperatura de Fusão
U	Energia interna
V	Volume
\underline{V}	Volume molar

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivo Específico	3
3 – JUSTIFICATIVA	4
4 – REVISÃO DE LITERATURA	6
4.1 Objetivos de desenvolvimento sustentável	6
4.2 Álcoois e Ácidos carboxílicos	6
4.3 Equilíbrio de fases sólido-líquido	9
4.4 Cálculo do equilíbrio para substância pura	10
4.4.1 Ácido Mirístico	11
4.4.2 Ácido Esteárico	12
4.4.3 Ácido Palmítico	12
4.4.4 1-Hexadecanol	12
5 – MODELAGEM MATEMÁTICA	14
5.1 Otimização	14
5.2 Programação Não Linear	14
5.3 Convexidade	15
5.4 Softwares Utilizados	16
5.4.1 <i>Geogebra</i>	16
5.4.2 <i>PyCharm</i> e <i>R</i>	16
5.4.3 Editor de texto $\text{\LaTeX 2}_{\epsilon}$	16
6 – MATERIAIS E MÉTODOS	18
6.1 Materiais	18
6.2 Métodos	18
7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
7.1 Estudos de casos	20
7.1.1 Sistema 1: Ácido Mirístico e Ácido Esteárico	20
7.2 Coeficiente de Determinação	21
8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	22

9 – TRABALHOS FUTUROS 23

Referências 24

Anexos 26

ANEXO A – Banco de dados e algoritmo 27

1 INTRODUÇÃO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.(IEZZI, 2010)

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.(LEGGIERI; SENRA; SOH, 2018; MÜLLER et al., 2019)

Segundo (FERREIRA, 2013) Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla

egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

2.2 Objetivo Específico

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

3 JUSTIFICATIVA

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus. (2020)

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus. (LEGGIERI; SENRA; SOH, 2018)

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed

wisi.

Sed feugiat. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Ut pellentesque augue sed urna. Vestibulum diam eros, fringilla et, consectetur eu, nonummy id, sapien. Nullam at lectus. In sagittis ultrices mauris. Curabitur malesuada erat sit amet massa. Fusce blandit. Aliquam erat volutpat. Aliquam euismod. Aenean vel lectus. Nunc imperdiet justo nec dolor. (MARCO et al., 2019; PRAUSNITZ; LICHTENTHALER; AZEVEDO, 1999; COUTINHO; ALIJÓ; GOULART, 2019)

Etiam euismod. Fusce facilisis lacinia dui. Suspendisse potenti. In mi erat, cursus id, nonummy sed, ullamcorper eget, sapien. Praesent pretium, magna in eleifend egestas, pede pede pretium lorem, quis consectetur tortor sapien facilisis magna. Mauris quis magna varius nulla scelerisque imperdiet. Aliquam non quam. Aliquam porttitor quam a lacus. Praesent vel arcu ut tortor cursus volutpat. In vitae pede quis diam bibendum placerat. Fusce elementum convallis neque. Sed dolor orci, scelerisque ac, dapibus nec, ultricies ut, mi. Duis nec dui quis leo sagittis commodo. (ROCHA, 2011; LEGGIERI; SENRA; SOH, 2018; COSTA et al., 2007; WEI et al., 2009; BOUDOUH et al., 2016; COSTA et al., 2012; COSTA et al., 2009)

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Objetivos de desenvolvimento sustentável

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

4.2 Álcoois e Ácidos carboxílicos

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris. Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio. Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu. (BARBOSA, 2012)

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris. Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio.

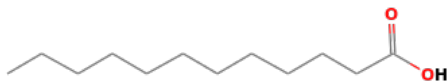
Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu.

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis, rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor. (BARBOSA, 2012)

Donec et nisl at wisi luctus bibendum. Nam interdum tellus ac libero. Sed sem justo, laoreet vitae, fringilla at, adipiscing ut, nibh. Maecenas non sem quis tortor eleifend fermentum. Etiam id tortor ac mauris porta vulputate. Integer porta neque vitae massa. Maecenas tempus libero a libero posuere dictum. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aenean quis mauris sed elit commodo placerat. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Vivamus rhoncus tincidunt libero. Etiam elementum pretium justo. Vivamus est. Morbi a tellus eget pede tristique commodo. Nulla nisl. Vestibulum sed nisl eu sapien cursus rutrum.

Nulla non mauris vitae wisi posuere convallis. Sed eu nulla nec eros scelerisque pharetra. Nullam varius. Etiam dignissim elementum metus. Vestibulum faucibus, metus sit amet mattis rhoncus, sapien dui laoreet odio, nec ultricies nibh augue a enim. Fusce in ligula. Quisque at magna et nulla commodo consequat. Proin accumsan imperdiet sem. Nunc porta. Donec feugiat mi at justo. Phasellus facilisis ipsum quis ante. In ac elit eget ipsum pharetra faucibus. Maecenas viverra nulla in massa. (HOEKMAN et al., 2012).

Tabela 1 – Grupos de ácidos graxos típicos em biodiesel

Nome	Nº CAS	Fórmula Molecular	Estrutura Molecular
Ácido Láurico	143-07-7	$C_{12}H_{24}O_2$	
Ácido Mirístico	544-63-8	$C_{14}H_{28}O_2$	

Nulla ac nisl. Nullam urna nulla, ullamcorper in, interdum sit amet, gravida ut, risus. Aenean ac enim. In luctus. Phasellus eu quam vitae turpis viverra pellentesque. Duis feugiat felis ut enim. Phasellus pharetra, sem id porttitor sodales, magna nunc aliquet nibh, nec blandit nisl mauris at pede. Suspendisse risus risus, lobortis eget, semper at, imperdiet sit amet, quam. Quisque scelerisque dapibus nibh. Nam enim. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ut metus. Ut metus justo, auctor at, ultrices eu, sagittis ut, purus. Aliquam aliquam.

Etiam pede massa, dapibus vitae, rhoncus in, placerat posuere, odio. Vestibulum luctus commodo lacus. Morbi lacus dui, tempor sed, euismod eget, condimentum at, tortor. Phasellus aliquet odio ac lacus tempor faucibus. Praesent sed sem. Praesent iaculis. Cras rhoncus tellus

sed justo ullamcorper sagittis. Donec quis orci. Sed ut tortor quis tellus euismod tincidunt. Suspendisse congue nisl eu elit. Aliquam tortor diam, tempus id, tristique eget, sodales vel, nulla. Praesent tellus mi, condimentum sed, viverra at, consectetur quis, lectus. In auctor vehicula orci. Sed pede sapien, euismod in, suscipit in, pharetra placerat, metus. Vivamus commodo dui non odio. Donec et felis. (FONSECA; CZUY, 2005).

Etiam suscipit aliquam arcu. Aliquam sit amet est ac purus bibendum congue. Sed in eros. Morbi non orci. Pellentesque mattis lacinia elit. Fusce molestie velit in ligula. Nullam et orci vitae nibh vulputate auctor. Aliquam eget purus. Nulla auctor wisi sed ipsum. Morbi porttitor tellus ac enim. Fusce ornare. Proin ipsum enim, tincidunt in, ornare venenatis, molestie a, augue. Donec vel pede in lacus sagittis porta. Sed hendrerit ipsum quis nisl. Suspendisse quis massa ac nibh pretium cursus. Sed sodales. Nam eu neque quis pede dignissim ornare. Maecenas eu purus ac urna tincidunt congue.

Donec et nisl id sapien blandit mattis. Aenean dictum odio sit amet risus. Morbi purus. Nulla a est sit amet purus venenatis iaculis. Vivamus viverra purus vel magna. Donec in justo sed odio malesuada dapibus. Nunc ultrices aliquam nunc. Vivamus facilisis pellentesque velit. Nulla nunc velit, vulputate dapibus, vulputate id, mattis ac, justo. Nam mattis elit dapibus purus. Quisque enim risus, congue non, elementum ut, mattis quis, sem. Quisque elit.

Maecenas non massa. Vestibulum pharetra nulla at lorem. Duis quis quam id lacus dapibus interdum. Nulla lorem. Donec ut ante quis dolor bibendum condimentum. Etiam egestas tortor vitae lacus. Praesent cursus. Mauris bibendum pede at elit. Morbi et felis a lectus interdum facilisis. Sed suscipit gravida turpis. Nulla at lectus. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Praesent nonummy luctus nibh. Proin turpis nunc, congue eu, egestas ut, fringilla at, tellus. In hac habitasse platea dictumst.

Vivamus eu tellus sed tellus consequat suscipit. Nam orci orci, malesuada id, gravida nec, ultricies vitae, erat. Donec risus turpis, luctus sit amet, interdum quis, porta sed, ipsum. Suspendisse condimentum, tortor at egestas posuere, neque metus tempor orci, et tincidunt urna nunc a purus. Sed facilisis blandit tellus. Nunc risus sem, suscipit nec, eleifend quis, cursus quis, libero. Curabitur et dolor. Sed vitae sem. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Maecenas ante. Duis ullamcorper enim. Donec tristique enim eu leo. Nullam molestie elit eu dolor. Nullam bibendum, turpis vitae tristique gravida, quam sapien tempor lectus, quis pretium tellus purus ac quam. Nulla facilisi.

Tabela 2 – Composição dos ácidos graxos do óleo de soja, de rícino e de cambre.

Nomenclatura do Ácido	Porcentagem de ácidos carboxílicos totais (%)		
	Soja	Rícino	Crambe
Ácido Láurico	0,1 (máx.)		
Ácido Mirístico	0,2 (máx.)		
Ácido Palmítico	9,9 - 12,2	0,9 -1,5	3,4
Ácido Palmitoléico	Traços -0,2		
Ácido Esteárico	3 - 5,4	1,4-2,1	1,1
Ácido Oleico	17,7 - 26	3,1-5,9	17,8
Ácido Linoléico	49,7 - 56,9	2,9- 6,5	6,1
Ácido Linolênico	5,5 - 9,5		2,8
Ácido Araquídico	0,2 - 0,5		1,7
Ácido Gadolêico	0,1 - 0,3		
Ácido Behênico	0,3 - 0,7		3,7
Ácido Erúcico	0,3 (máx.)		56,7
Ácido Lignocérico	0,4 (máx.)		
Ácido Eicosenóico			6,7
Ácido Ricinolêico		84,0 -91,0	

4.3 Equilíbrio de fases sólido-líquido

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur

eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue. (PRAUSNITZ; LICHTENTHALER; AZEVEDO, 1999)

i) número de mol deve ser um valor positivo:

$$\eta_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, NC \text{ e } j = 1, 2, \dots, NF \quad (4.1)$$

ii) conservação de massa sem reações químicas:

$$\sum_{i=1}^{NC} \eta_{ij} = \eta_i, \quad i = 1, 2, \dots, NC \quad (4.2)$$

em que η_i é número total de mols do componente i . (SANDLER, 2017; BARBOSA, 2012; PRAUSNITZ; LICHTENTHALER; AZEVEDO, 1999)

4.4 Cálculo do equilíbrio para substância pura

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

$$x_i = \frac{f_{i(\text{sólido puro})}}{\gamma_i f_{i(\text{líquido sub-resfriado puro})}} \quad (4.3)$$

para simplificar a notação

$$f_i^S = f_{i(\text{sólido puro})}$$

e

$$f_i^L = f_{i(\text{líquido sub-resfriado puro})}$$

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

4.4.1 Ácido Mirístico

- Estrutura

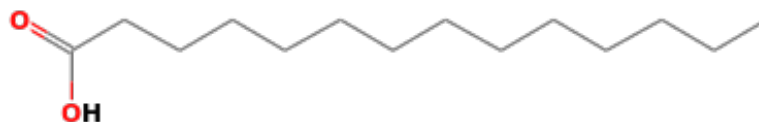


Figura 1 – Ácido Mirístico NIST *National Institute of Standards and Technology*

- Número do CAS: 544-63-8
- Fórmula Molecular: $C_{14}H_{28}O_2$
- Temperatura de fusão (T_f)=327.55 K
- Entalpia (ΔH_f)=10.771955 kcal/mol

4.4.2 Ácido Esteárico

- Estrutura

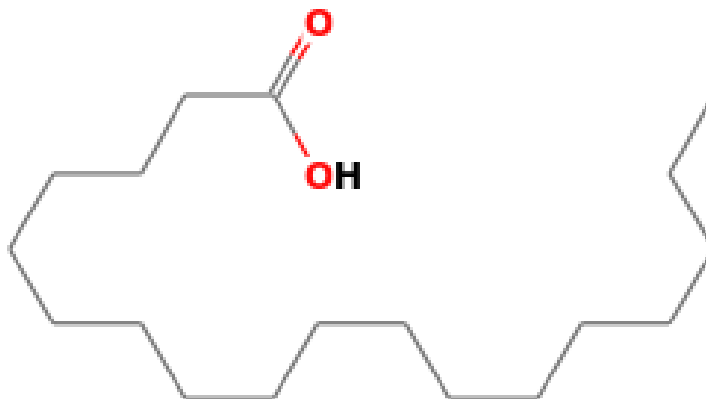


Figura 2 – Ácido Esteárico NIST *National Institute of Standards and Technology*

- Número do CAS: 57-11-4
- Fórmula Molecular: $C_{18}H_{36}O_2$
- Temperatura de fusão (T_f)=342.75 K
- Entalpia (ΔH_f)=14.64126 kcal/mol

4.4.3 Ácido Palmítico

- Estrutura

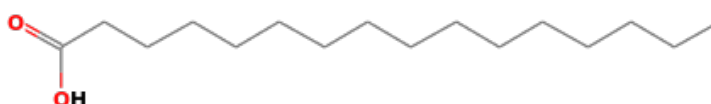


Figura 3 – Ácido Palmítico NIST *National Institute of Standards and Technology*

- Número do CAS: 57-10-3
- Fórmula Molecular: $C_{16}H_{32}O_2$
- Temperatura de fusão (T_f)=336.00 K
- Entalpia (ΔH_f)=80.252256 kcal/mol

4.4.4 1-Hexadecanol

- Estrutura



Figura 4 – 1-Hexadecanol NIST *National Institute of Standards and Technology*

- Número do CAS: 36653-82-4
- Fórmula Molecular: $C_{16}H_{34}O$
- Temperatura de fusão (T_f)=322,35k
- Entalpia (ΔH_f)=8.025226 kcal/mol

5 MODELAGEM MATEMÁTICA

5.1 Otimização

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue. (LUENBERGER; YE, 2016)

5.2 Programação Não Linear

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque

bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

Em geral o problema de programação é indicada por:

$$\begin{aligned} &\text{minimização} && f(x) \\ &\text{sujeita as condições} && h_i(x) = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & && g_j(x) \leq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, p \\ & && x \in S \end{aligned} \tag{5.1}$$

Em que x é um vetor n -dimensional $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, f_i e h_i são funções reais das variáveis x_1, x_2, \dots, x_n . A função f é a *função objetivo*, g , h e o conjunto S são as restrições do problema; com os parâmetros a_i e b_j . (LUENBERGER; YE, 2016; ROCHA; GUIRARDELLO, 2009)

5.3 Convexidade

Os conceitos relacionados aos conjuntos *convexos* são relevantes teoria da otimização, representada pela Figura 5 na forma bidimensional, que por sua vez é essencial para um estudante de otimização ter conhecimento de suas propriedades mais fundamentais. (LUENBERGER; YE, 2016; ROCHA; GUIRARDELLO, 2009)

Definição 1 Dado um conjunto $C \subset E^n$ diz que é **convexo** se para qualquer $x_1, x_2 \in C$ e para todo $\alpha \in \mathbb{R}$, tal que o ponto $\alpha x_1 + (1 - \alpha)x_2 \in C$.

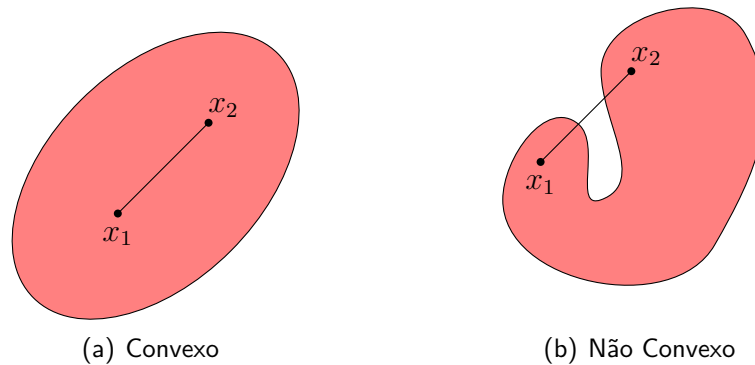


Figura 5 – Convexidade de conjuntos

5.4 Softwares Utilizados

Os *softwares* utilizados para o desenvolvimento do trabalho, foram descritos nos subitens que seguem.

5.4.1 Geogebra

Para a coleta de pares ordenados e organização das misturas binárias para fins de cálculos vamos utilizar o *software* *Geogebra*¹ é um *software* de código aberto Figura 6, oferecido para várias plataformas, com a finalidade didática e de pesquisa.

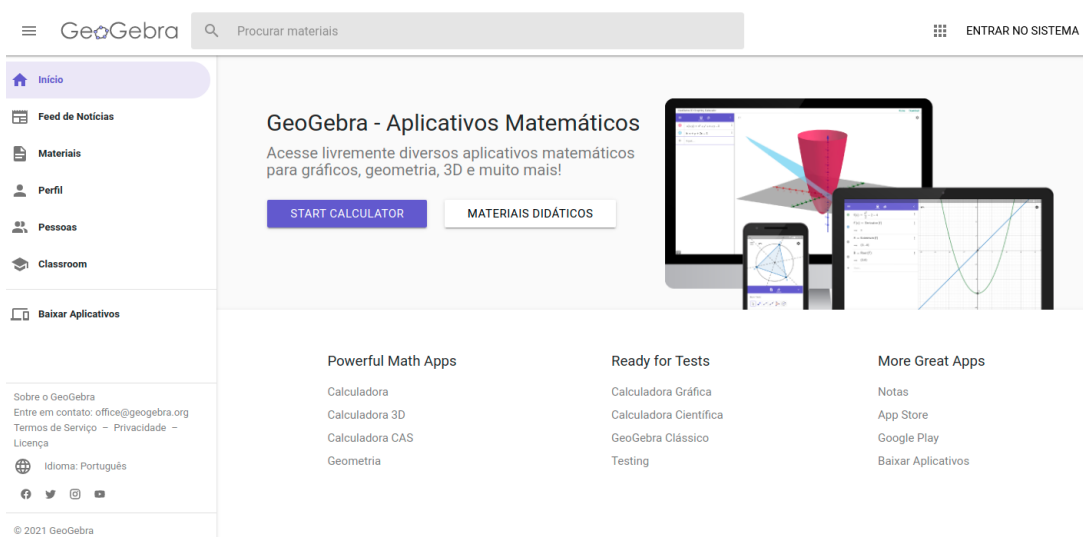


Figura 6 – Site do Geogebra

5.4.2 PyCharm e R

Os *software* *PyCharm*² (FIGURA 6) possui licença gratuita com restrições, disponíveis para as principais plataformas e, conjuntamente com a utilização da biblioteca *R*³ (FIGURA 6), se apresentam como uma base para implementação de algoritmos e modelos estatísticos.

5.4.3 Editor de texto \LaTeX 2_ε

\LaTeX 2_ε é o *software* de código aberto de alta qualidade afim de produzir impressões profissionais e arquivos PDF, cuja base de dados *TeXLive*⁴ para plataformas Linux e macOS, organizada por *TeX User Group* instituição sem fins lucrativos fundada em 1980, composto por \TeX criado por Donald Knuth e a mais conhecida ou difundida *MikTeX*⁵ para todas

¹Site do Geogebra <<https://www.geogebra.org/>>

²Site do *PyCharm* <<https://www.jetbrains.com/pt-br/pycharm/>>

³A base de dados para implementação de modelos estatísticos disponível no site <<https://cran.r-project.org/>>

⁴Se encontra no site <<http://tug.org/texlive/>>

⁵Se encontra no site <<https://miktex.org/>>

as plataforma. A interface gráfica foi utilizado o *TeXstudio*⁶ e *Overleaf*⁷ uma ferramenta online para trabalhos colaborativos com o sistema de versionamento podendo ver quais são as modificações feitas por cada um colaborador. A principal finalidade do \LaTeX é trazer uma tipografia de alta qualidade com o intuito trazer uma leitura mais agradável visualmente, com a biblioteca *amsmath* para escrever fórmulas matemática, *tikz* para criar desenhos vetoriais como os desenhos Figura5 e Figura6, *chemformula* para fórmulas químicas, colabora com citação, facilita indexação de elementos e entre outras funcionalidades. (NIEDERBERGER, 2020; ARAUJO, 2018; TANTAU, 2020; GRÄTZER, 2016)

⁶Se encontra no site <<https://www.texstudio.org/>>

⁷Se encontra no site <<https://pt.sharelatex.com/>>

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Materiais

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

6.2 Métodos

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque

bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue. (ROCHA; GUIRARDELLO, 2009; COSTA et al., 2007)

Segundo ROCHA 2009, Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A escala de cada diagrama de fase das misturas binárias são distintas, pelo fato de que cada ácido graxo ou álcool possui ponto de fusão distintos como podemos verificar nas seções 4.4.1 até 4.4.4.

7.1 Estudos de casos.

7.1.1 Sistema 1: Ácido Mirístico e Ácido Esteárico

Na Figura 6 o diagrama de fase foi determinado pelos modelos termodinâmicos *MA*, *MS* e *Wilson* implementado no *GAMS* e o gráfico gerado pelo *PyCharm* com biblioteca do *R*. Os dados experimentais comparativos foram obtidos por COSTA 2009 por experimentos com o método de DSC.

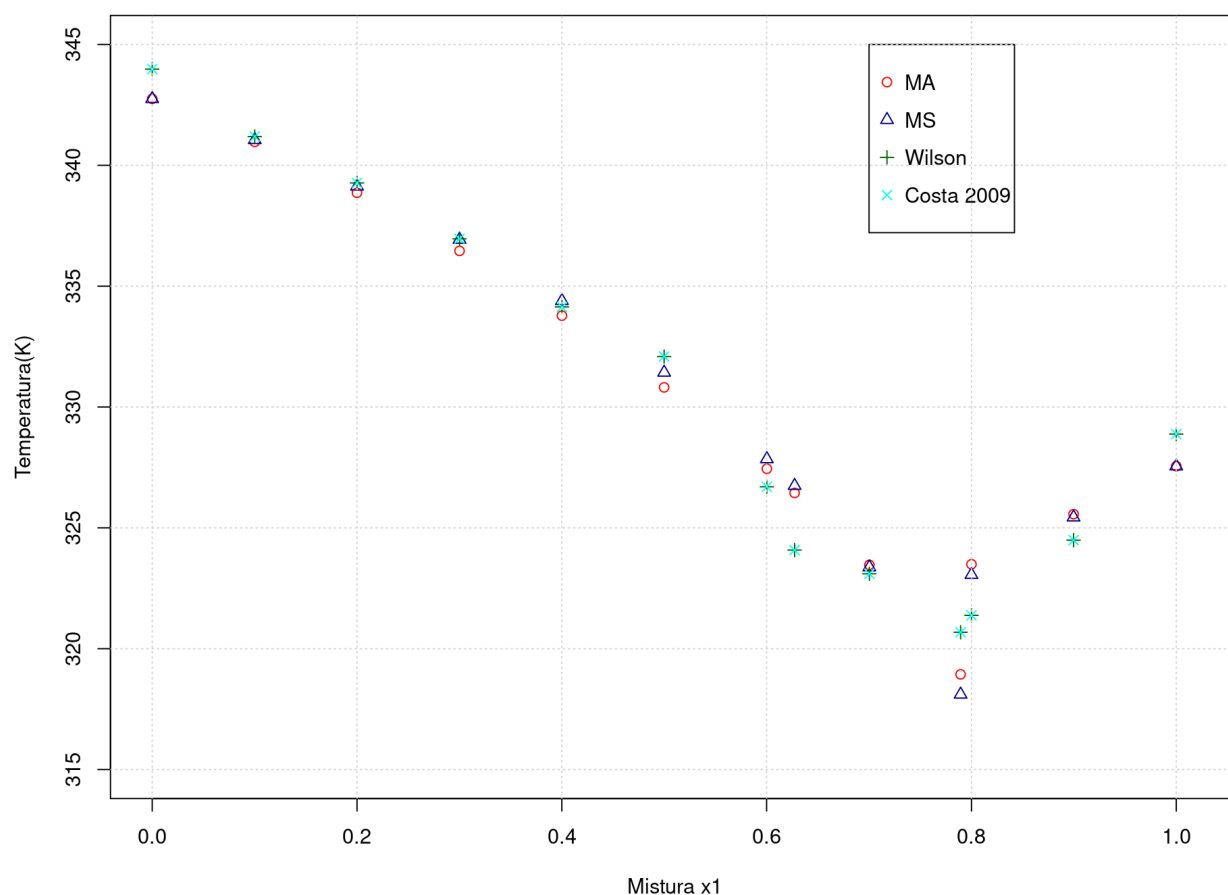


Figura 7 – Diagrama do equilíbrio sólido-líquido para mistura Ácido Mirístico(1) e Ácido Esteárico(2) (*PyCharm/R*)

7.2 Coeficiente de Determinação

A propriedade do coeficiente de determinação é que:

- $R^2 \in [0; 1]$
- $R^2 = 1$, VD é explicada pela variação de VI em 100%
- $R^2 = 0$, VI não tem influencia sobre VD .

O valor do R^2 é calculado pela fórmula

$$R^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y} \right)^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2 \right) \times \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2 \right)} \quad (7.1)$$

em que n quantidade de elementos da variável VD ou VI , $x_i \in VI$ e $y_i \in VD$.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (7.2)$$

e

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (7.3)$$

Tabela 3 – Coeficiente de Determinação

	R^2 MA	R^2 MS	R^2 Wilson
Ac. Mirístico e Ac. Esteárico	0.9756	0.9706	0.9708
Ac. Palmítico e Ac. Esteárico	0.9699	0.8005	0.7040
Hexadecanol e Ac. Mirístico	0.2427	0.2328	0.2133
Hexadecanol e Tetradecanol	0.9804	0.9310	0.9887
Ac. Esteárico e Ac. Linoleico	0.1483	0.5592	0.8745
Ac. Palmítico e Ac. Linoleico	0.7490	0.5602	0.0000

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

9 TRABALHOS FUTUROS

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

Referências

- ARAUJO, L. C. **A classe abntex2**: Documentos técnicos e científicos brasileiros compatíveis com as normas abnt. São Paulo, 2018. 45 p. (Manuais L^AT_EX). Disponível em: <<http://www.abntex.net.br/>>. Acesso em: 30 Nov. 2020.
- BARBOSA, D. F. **Modelagem Termodinâmica Do Equilíbrio Sólido-Líquido De Misturas Binárias De Compostos Graxos Modelagem Termodinâmica Do Equilíbrio Sólido-Líquido**. 123 p. Tese (Doutorado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.
- BOUDOUH, I. et al. Measurement and prediction of solidliquid phase equilibria for systems containing biphenyl in binary solution with long-chain n-alkanes. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Springer Netherlands, v. 125, n. 2, p. 793–801, 2016. ISSN 15882926.
- COSTA, M. C. et al. Phase diagrams of mixtures of ethyl palmitate with fatty acid ethyl esters. **Fuel**, Elsevier Ltd, v. 91, n. 1, p. 177–181, 2012. ISSN 0016-2361. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2011.07.018>>.
- COSTA, M. C. et al. High pressure solid-liquid equilibria of fatty acids. **Fluid Phase Equilibria**, v. 253, n. 2, p. 118–123, 2007. ISSN 03783812.
- COSTA, M. C. et al. The solid-liquid phase diagrams of binary mixtures of even saturated fatty acids differing by six carbon atoms. **Thermochimica Acta**, v. 496, n. 1-2, p. 30–37, 2009. ISSN 00406031.
- COUTINHO, P. L. A.; ALIJÓ, P. H. R.; GOULART, A. K. Intensificação de processos e química verde: importância para as indústrias farmacêutica, cosméticos, alimentícia e biorrefinarias. **Revista Fitos**, v. 13, n. 1, p. 74–93, 2019. ISSN 1808-9569.
- DIAS, A. B. **Síntese de Biodiesel a partir de Blends de Óleo e Avaliação do Processo Produtivo via Análise de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR)**. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal do Paraná, 2020.
- FERREIRA, A. E. G. **A Importância dos sistemas Lineares no Ensino Médio e a Contribuição para a Matemática e suas Aplicações**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, fev 2013.
- FONSECA, F. P. da; CZUY, D. C. Formação Arenito Caiuá: uso, ocupação do solo e problemas ambientais na região noroeste do Paraná. **III Simpósio Nacional de Geografia Agrária - II Simpósio Internacional de Geografia Agrária**, p. 1–7, 2005.
- GEBREMARIAM, S. N.; MARCHETTI, J. M. Economics of biodiesel production: Review. **Energy Conversion and Management**, v. 168, n. April, p. 74–84, 2018. ISSN 01968904.
- GRÄTZER, G. **More Math Into L^AT_EX**. 5. ed. Toronto: Sprimner, 2016. ISBN 978-3-319-23796-1.
- HOEKMAN, S. K. et al. Review of biodiesel composition, properties, and specifications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier Ltd, v. 16, n. 1, p. 143–169, 2012. ISSN 13640321. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.143>>.

IEZZI, G. **Fundamentos de Matemática Elementar, Conjuntos e Funções**. 7. ed. São Paulo: Atual Editora, 2010. v. 1.

LEGGIERI, P. A.; SENRA, M.; SOH, L. Cloud point and crystallization in fatty acid ethyl ester biodiesel mixtures with and without additives. **Fuel**, Elsevier, v. 222, n. March, p. 243–249, 2018. ISSN 00162361. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.100>>.

LUENBERGER, D. G.; YE, Y. **Linear and nonlinear programming**. 4ed.. ed. Springer, 2016. (International series in operations research e management science volume 228). ISBN 978-3-319-18842-3. Disponível em: <<http://www.springer.com/series/6161>>.

MARCO, B. A. de et al. Evolution of green chemistry and its multidimensional impacts: A review. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 27, n. 1, p. 1–8, 2019. ISSN 13190164.

MÜLLER, S. et al. Evaluation and refinement of the novel predictive electrolyte model COSMO-RS-ES based on solid-liquid equilibria of salts and Gibbs free energies of transfer of ions. **Fluid Phase Equilibria**, v. 483, p. 165–174, 2019. ISSN 03783812.

NIEDERBERGER, C. **Chemformula**: Typeset chemical compounds and reactions. Herrenberg, 2020. 38 p. (Manuais \LaTeX). Disponível em: <<https://www.ctan.org/pkg/chemformula>>. Acesso em: 30 Nov. 2020.

PRAUSNITZ, J.; LICHTENTHALER, R.; AZEVEDO, E. de. **Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria**. 3ed. ed. New Jersey: PH PTR, 1999. ISBN 0139777458,9780139777455.

ROCHA, S. A. **Cálculo do equilíbrio sólido-líquido e ajuste de parâmetros para modelos termodinâmicos em misturas binárias e ternárias de ácidos graxos, seus ésteres e triacilgliceróis**. 249 p. Tese (Doutorado em Química) — Universidade Estadual de Campinas, 2011.

ROCHA, S. A.; GUIRARDELLO, R. An approach to calculate solid-liquid phase equilibrium for binary mixtures. **Fluid Phase Equilibria**, v. 281, n. 1, p. 12–21, 2009. ISSN 03783812.

SANDLER, S. I. **Chemical, Biochemical, and Engineering Thermodynamics**. 5 ed.. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017. 999 p. ISBN 978-0-470-50479-6.

TANTAU, T. **The TikZ and PGF Packages**: Documentos técnicos e científicos brasileiros compatíveis com as normas abnt. Lübeck, 2020. 1318 p. (Manuais \LaTeX). Acesso em: 30 Nov. 2020.

WEI, D. et al. Measurement and correlation of solid-liquid equilibria of Irganox 1010 with n-hexane. **Fluid Phase Equilibria**, v. 287, n. 1, p. 39–42, 2009. ISSN 03783812.

Anexos

ANEXO A – Banco de dados e algoritmo

Os valores dos pares ordenados com as misturas binárias, temperaturas, algoritmos da construção dos diagramas e do coeficientes de determinação em R , se encontram no repositório do *GitHub*. Um sistema de versionamento e armazenamento de dados.

<https://github.com/alexissamumoriya/Algoritmo_Diagramas_compartilhados>