



Aumento da estabilidade oxidativa de óleos de  
sementes de maracujás silvestres usando o extrato  
hidroetanólico das sementes

Carolina Cruzeiro Reis

Monografia em Engenharia de Alimentos

Orientadores:

Suely Pereira Freitas, D. Sc.

Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede, D. Sc

Junho de 2018

**Aumento da estabilidade oxidativa de óleos de sementes de maracujás  
silvestres usando o extrato hidroetanólico das sementes**

***Carolina Cruzeiro Reis***

Monografia em Engenharia de Alimentos submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

Aprovado por:

---

Eveline Lopes Almeida, D. Sc.

---

Fábio de Almeida Oroski, D. Sc

---

Isabelle Santana, D. Sc

Orientado por:

---

Suely Pereira Freitas, D. Sc

---

Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede, D. Sc

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Junho de 2018

### Ficha Catalográfica

Reis, Carolina Cruzeiro.

Aumento da estabilidade oxidativa de óleos de sementes de maracujás silvestres usando o extrato hidroetanólico das sementes / Carolina Cruzeiro Reis Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2018.

xiii, 49 p., il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2018

Orientadores: Suely Pereira Freitas e Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede

1. Passiflora ssp 2. Óleo de semente de maracujá 3. Extração etanólica 4. Monografia (Graduação – UFRJ/EQ). Suely Pereira Freitas e Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede I. Aumento da estabilidade oxidativa de óleos de sementes de maracujás silvestres usando o extrato hidroetanólico das sementes.

Dedicatória

A minha família, principalmente meus pais,  
avós e avôs que foram fundamentais na minha formação.

Citação

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina

## Agradecimentos

A Deus, pelas oportunidades e pelo trabalho.

As minhas orientadoras: Suely e Alexandra, pela dedicação, pelo apoio, pela atenção, pelos cuidados, e por terem acreditado no meu potencial.

A todos da minha família, pelo amor e apoio.

A minha Mãe e meu Pai, pelo amor incondicional, e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu padrasto Daniel, pelo amor e paciência para ensinar cálculo.

A minhas Avós e Avôs, pelo incentivo, pelo amor, pelo colo e carinho de sempre.

A Lili e Luiz pelo acolhimento e amor de vovôs postigos.

Ao meu namorado Gabriel, pelo seu amor e companheirismo, pela paciência durante a realização desse trabalho.

Aos meus amigos, Evelin, Mariana e Vinícius, que estão ao meu lado desde o início da faculdade, com imenso carinho e paciência.

As amigas: Luciana, Gabriela e Anna Luiza, que encontrei no meio do caminho.

A todos do Laboratório de Óleos Vegetais, que me ensinaram e me ajudaram, em especial: Thais e Meire.

A Antônio Gomes da Embrapa, que me recebeu como estagiária possibilitando a realização do meu estágio e posteriormente a elaboração do meu TCC.

Aos amigos, que encontrei no caminho antes da Faculdade: Carol Pascoal, Wankarla e Fernanda.

Ao meu Tio postigo Paulo, por sua camaradagem e carinho por também ter me ajudado e ensinado, nos estudos de cálculo e física.

E a tantos outros amigos e colegas que não foram citados, mas que agradeço imensamente!

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia de Alimentos

**Aumento da estabilidade oxidativa de óleos de sementes de maracujás silvestres usando o extrato hidroetanólico das sementes**

Carolina Cruzeiro Reis

Junho, 2018

Orientadores: Suely Pereira Freitas, D.Sc.

Alexandra Mara Goulart Nunes Mamede, D. Sc

A intensificação dos processos industriais no último século contribuiu de forma positiva para o desenvolvimento de inúmeros bens de consumo que possibilitaram um aumento significativo no bem-estar da sociedade. Entretanto, a geração de resíduos, em particular dos resíduos agroindustriais, tem causado impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. A industrialização de alimentos de origem vegetal gera como resíduos cascas e sementes que, pelo enorme volume tem dificultado seu gerenciamento de forma econômica. Recentemente, devido às exigências dos órgãos de proteção ambiental, as indústrias são obrigadas a incluir o tratamento dos resíduos no projeto da unidade industrial. Estudos desenvolvidos para superar as principais dificuldades deste setor mostraram que a maioria dos resíduos possuem substâncias de interesse industrial, como lipídeos, carboidratos, proteínas e compostos fenólicos entre outros compostos funcionais com potencial antioxidante. O maracujá é uma planta cultivada principalmente na América Latina e possui diferentes espécies e características. O Brasil é o maior produtor de suco de maracujá do mundo e gera uma quantidade substancial de bagaço composto, principalmente, pelas sementes e cascas. Devido às propriedades fitoterápicas da polpa e das folhas das passifloras nativas, a Embrapa vem desenvolvendo, nos últimos 8 anos, novas cultivares mais produtivas e resistentes, dentre essas as espécies *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila*. A UFRJ-EQ possui um projeto em parceria com a Embrapa Agroindústria de Alimentos cujo objetivo foi avaliar a eficiência da extração do óleo destas variedades e, em particular, a capacidade antioxidante dos compostos fenólicos presentes na torta desengordurada em prensa do tipo expeller. Para este fim, a semente foi seca em secador convectivo a 50°C e o óleo da semente foi extraído por

prensagem, a seguir, analisado quanto à estabilidade oxidativa e atividade antioxidante pelo método DPPH. A partir da torta foram extraídos os compostos fenólicos usando-se soluções hidroetanólicas. Os extratos foram analisados quanto à capacidade antioxidante pelo método TEAC e teor de fenólicos totais pelo método Folin-Ciocalteu. Para validação tecnológica, os compostos foram adicionados ao óleo de semente de maracujá das espécies *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila* e analisados quanto à estabilidade oxidativa. A melhor eficiência de prensagem de 67% foi alcançada com a *P. alata* e o maior tempo de indução, de 7 horas, e inibição do DPPH de 53% foi observado para a *P. setacea*. O extrato com 70% de etanol apresentou maior teor de fenólicos totais e maior atividade antioxidante, sendo que a cultivar *P. setacea* apresentou melhores resultados. Foi observado um aumento significativo na estabilidade oxidativa dos óleos das sementes de maracujá das espécies *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila* após adição do extrato fenólico, indicando que os extratos atuaram como antioxidantes naturais para a fração lipídica. Um destaque foi registrado para o extrato hidroetanólico obtido a partir da torta da *P. alata*, o qual o tempo de indução do óleo foi de 3,52 horas para 12,06 horas com extrato etanólico da semente, indicando o potencial antioxidantes destes produtos.



## Sumário

1.	Introdução.....	1
2.	Objetivos.....	3
2.1.	Objetivos Específicos .....	3
3.	Revisão Bibliográfica .....	4
3.1.	Resíduos agroindustriais e meio ambiente.....	4
3.2.	Passiflora.....	5
3.2.1.	Passiflora alata .....	6
3.2.2.	Passiflora setacea .....	6
3.2.3.	Passiflora tenuifila.....	7
3.3.	Lipídeos .....	8
3.3.1.	Compostos majoritários em óleos vegetais.....	8
3.3.2.	Compostos minoritários – matéria insaponificável.....	9
3.3.3.	Oxidação de lipídeos.....	9
3.4.	Compostos Fenólicos.....	10
3.5.	Antioxidantes em alimentos.....	11
3.5.1.	Uso de antioxidantes em óleos vegetais.....	12
3.6.	Óleo de maracujá .....	13
3.6.1.	Composição em ácidos graxos do óleo de semente de maracujá.....	13
3.6.2.	Matéria insaponificável em óleo de maracujá.....	13
3.6.3.	Compostos voláteis em óleo de semente de maracujá .....	13

3.6.4.	Compostos fenólicos na semente de maracujá.....	14
3.7.	Processamento .....	17
3.7.1.	Autoclave .....	17
3.7.2.	Secagem .....	17
3.7.3.	Extração de óleos vegetais .....	18
4.	Materiais e Métodos .....	20
4.1.	Matérias – Primas .....	20
4.2.	Lavagem e autoclavagem das sementes.....	20
4.3.	Cinética de secagem da semente.....	20
4.4.	Moagem da semente .....	21
4.5.	Extração do óleo da semente e teor de lipídeos .....	22
4.6.	Obtenção dos compostos fenólicos a partir da torta de prensagem .....	24
4.7.	Análises do óleo.....	24
4.7.1.	Estabilidade oxidativa por Rancimat .....	24
4.7.2.	Análise da capacidade antioxidante.....	25
4.8.	Análises no extrato etanólico retirado da torta de prensagem .....	25
4.8.1.	Teor de compostos fenólicos totais no extrato.....	25
4.8.2.	Capacidade Antioxidante em Trolox Equivalente (TEAC) .....	26
4.8.3.	Avaliação da adição de extrato fenólico na estabilidade oxidativa em óleo de maracujá	27
4.9.	Análise estatística .....	27

4.9.1. Análise estatística da curva de secagem .....	27
4.9.2. Análise estatística dos extratos fenólicos e o extrato no óleo de maracujá 27	
5. Resultados.....	28
5.1. Cinética de Secagem .....	28
5.2. Eficiência de Prensagem .....	29
5.1. Resultados do óleo .....	30
5.2. Quantificação e capacidade antioxidante do extrato etanólico obtido a partir da torta de prensagem .....	31
5.2.1. Adição de extrato no óleo .....	33
6. Conclusões.....	34
Sugestões .....	34
Referência Bibliográfica .....	35
Anexos .....	42
Curva padrão DPPH e porcentagem de inibição .....	42
Curva padrão teor de fenólicos totais .....	45
Curva do tempo de indução dos óleos de semente de maracujá em Rancimat.....	46
Testes preliminares com extrato fenólicos das espécies de maracujá e óleo de soja	49

## Índice de Figuras

Figura 1: Maracujá - <i>P. edulis</i> Sims.....	5
Figura 2: <i>Passiflora alata</i> BRS Mel do Cerrado.....	6
Figura 3: <i>Passiflora setacea</i> fruto, semente e óleo .....	7
Figura 4: <i>Passiflora tenuifila</i> .....	7
Figura 5:Equipamentos de processo: (a) Prensa continua tipo parafuso sem fim e (b) Moinho de facas .....	22
Figura 6:Curva de secagem das três espécies de maracujá.....	28
Figura 7: Óleos prensados a partir das sementes de maracujá do cerrado.....	30
Figura 8: Resultado da adição de 10% de extrato de cada espécie em seu próprio óleo .....	33

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Composição aproximada dos ácidos graxos na fração lipídica das diferentes espécies de maracujá .....	15
Tabela 2: Compostos fenólicos no óleo e no extrato de semente realizado com 70 % de etanol, 80 °C e 30 minutos.....	16
Tabela 3: Tocoferóis e tocotrienol nas espécies de maracujá.....	16
Tabela 4: Coeficiente de difusão efetivo durante o transporte de massa no processo de secagem das sementes de maracujá .....	29
Tabela 5: Eficiência da prensagem .....	30
Tabela 6: Tempo de indução em Rancimat dos óleos de semente de maracujá e porcentagem da inibição do DPPH.....	31
Tabela 7: Fenólicos totais e TEAC da extração etanólica com diferentes concentrações de álcool da torta P. alata.....	32
Tabela 8: Fenólicos totais e TEAC da extração etanólica com diferentes concentrações de álcool da torta P. setacea.....	32
Tabela 9: Fenólicos totais e TEAC da extração etanólica com diferentes concentrações de álcool da torta P. tenuifila .....	32

## 1. Introdução

De acordo com dados reportados em 2017 pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), um terço dos alimentos produzidos no mundo é perdido. Estas perdas são registradas durante a plantação, colheita, transporte, transformação e distribuição. No Brasil, assim como na América Latina, a maior parte do desperdício acontece na fase do pós-colheita e processamento chegando a 40% (GUSTAVSSON et al. 2011).

Atualmente, uma maior atenção tem sido direcionada para a preservação, qualidade e funcionalidade dos alimentos e neste contexto, maiores investimentos têm sido aplicados em novas tecnologias que buscam o desenvolvimento sustentável de embalagens mais seguras. Adicionalmente, o controle ambiental favoreceu técnica e economicamente o uso em grande escala das embalagens comestíveis ou biodegradáveis que além de proteger o alimento, podem apresentar propriedades funcionais. Uma alternativa potencial na formulação dessas embalagens é o uso dos extratos de plantas, compostos fenólicos e lipídeos, que atuam, respectivamente, como agentes anti-microbianas e como barreiras à difusão de vapor e gases (CAMPOS *et al.*, 2014).

O resíduo da agroindústria como cascas e sementes tem grande potencial de aproveitamento por conterem proteínas, açúcares, fibras, vitaminas, minerais e, em alguns casos, podem conter lipídeos e compostos bioativos, como os compostos fenólicos, fitoesteróis e carotenoides. Neste caso, estas matérias-primas passam de resíduo a coprodutos com usos que são de interesse das indústrias químicas, em particular para o setor farmacêutico, de alimentos e de cosméticos (DA SILVA e JORGE, 2014). Estudos indicam que bagaço de uva, goiaba, tomate e maracujá contêm compostos fenólicos com propriedades antioxidantes, de grande interesse industrial (MIRABELLA; CASTELLANI; SALA, 2014). Os compostos fenólicos apresentam efeitos antialérgico, anti-inflamatório e antimicrobiano, diminuindo o risco, em alguns casos, de doenças cardiovasculares graças às suas propriedades antioxidantes (REIS *et al.*, 2016).

O maracujá é um fruto originário da América do Sul, composto por casca, semente e polpa. A indústria utiliza a polpa para produzir sucos, sorvetes e outros derivados, gerando como coprodutos a casca e as sementes que podem corresponder cerca de 40% do fruto. Segundo pesquisas desenvolvidas no laboratório de processamento de matérias-primas vegetais da EQ-UFRJ, as sementes de maracujá contêm aproximadamente 30% de óleo

(PAULA; SOARES; FREITAS, 2015). O óleo de maracujá é uma matéria-prima já consolidada para obtenção de produtos funcionais pelas indústrias de cosméticos e farmacêutica, por suas propriedades calmantes e seu aroma agradável.

A Embrapa Cerrados desenvolve uma pesquisa sobre as diferentes espécies de maracujá produzidas no Brasil, com o objetivo de desenvolver tecnologias para usos funcionais das *Passifloras* silvestres, que selecionou pelo potencial nutracêutico, após uma década de estudos, as espécies *Passiflora alata*, *P. setacea*, *P. tenuifila* e *P. nitida*. O projeto da Embrapa, em parceria com outros centros de pesquisa e com universidades de todo o país, pretende desenvolver novas tecnologias para aproveitamento integral da planta, desde o fruto até as folhas e coprodutos associados. A primeira etapa do projeto se concentrou em melhoramento genético das espécies para viabilizar o uso comercial das mesmas; a segunda etapa concentrou esforços no aumento de produtividade e na segurança dos produtos *in natura* e processados e na preservação de compostos bioativos (COSTA; SIMÕES; COSTA, 2013).

A Embrapa criou em 2012 uma rede de pesquisa denominada “Rede Passitec” visando desenvolver tecnologias para uso sustentável das passifloras silvestres do Brasil e contribuir para obtenção de alimentos funcionais e fitoterápicos a partir da diversidade brasileira. A “Rede Passitec” é formada por 40 instituições, unidades da Embrapa, centro de pesquisas internacionais e universidades, incluindo a EQ-UFRJ. A parceria com a Escola de Química gerou uma tese de doutorado, além de trabalhos em congressos nacionais e internacionais nos quais se pode confirmar o potencial de aplicação do óleo da semente de maracujá das espécies *P. alata* e *P. setacea* como fonte de aromas naturais na elaboração de alimentos funcionais. Neste cenário, este trabalho teve como principal objetivo utilizar três espécies do maracujá silvestre para extração de compostos bioativos e, dessa forma, ampliar os usos das sementes, contribuindo para minimizar os resíduos agroindústrias.

## 2. Objetivos

O objetivo geral deste projeto foi utilizar tecnologias sustentáveis para, a partir de três espécies do gênero *Passiflora* (*P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila*), obter o óleo de semente de maracujá por prensagem e um extrato etanólico por extração sólido líquido com elevada atividade antioxidante

### 2.1. Objetivos Específicos

- *Construir as curvas cinéticas de perda de água e estimar a umidade de equilíbrio para posteriormente determinar os coeficientes de difusão, a partir da segunda Lei de Fick,*
- *Obter óleo a partir da prensagem das sementes desidratadas,*
- *Avaliar a estabilidade oxidativa e capacidade antioxidante do óleo,*
- *Extrair os compostos fenólicos a partir da torta de prensagem, usando solventes renováveis,*
- *Avaliar o efeito da polaridade do solvente na capacidade antioxidante dos extratos,*
- *Avaliar o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante dos extratos,*
- *Aplicar os compostos fenólicos nos óleos de semente de maracujá e avaliar o efeito na estabilidade oxidativa dos mesmos.*



### 3. Revisão Bibliográfica

#### 3.1. Resíduos agroindustriais e meio ambiente

O aumento do consumo de produtos industrializados à base de frutas tem contribuído de forma relevante para a geração de resíduos agroindustriais. Particularmente, no casos de frutas tropicais as cascas e sementes, popularmente denominado de bagaço, representam mais de 50% do fruto como é o caso da manga e abacate que contém cerca de 60% e 70% de bagaço, respectivamente (AYALA-ZAVALA *et al.*, 2010 e SANTANA, *et al.*, 2015).

Atualmente, a legislação brasileira tem normas reguladoras (Política Nacional de Resíduos Sólidos, BRASIL, 2010) que obrigam as indústrias de processamento descartar os resíduos de maneira adequada, para garantir a preservação ambiental. Dessa forma, as grandes empresas de derivados de frutas, responsáveis pela geração de quantidade substancial de bagaço, tem desenvolvido novas tecnologias para a transformação desses resíduos em biogás, compostagem para a utilização como fertilizante, ração e mais recentemente para obtenção de compostos funcionais. Nas últimas décadas, as pesquisas de novas rotas tecnológicas envolvendo o aproveitamento industrial de resíduos de frutas indicam o enorme potencial desses coprodutos, já que a cascas e sementes podem conter proteínas, lipídeos, celulose, lignina, compostos fenólicos, carotenoides e vitaminas. As rotas avaliadas e desenvolvidas para o uso dos coprodutos de frutas contribuíram para o aumento da oferta de proteína, lipídeos e fibras funcionais e mais recentemente para obtenção de corantes naturais (antocianinas) e antioxidantes naturais que evitam o escurecimento enzimático e podem atuar como agentes antimicrobianos (BANERJEE *et al.*, 2016; AYALA-ZAVALA *et al.*, 2011).

No cenário atual, o uso industrial das sementes, geralmente descartadas ou usadas como adubo, como matéria-prima para obtenção de compostos funcionais atende às expectativas dos órgãos governamentais no sentido de reduzir drasticamente os impactos negativos dos processos agroindustriais ao meio ambiente (BERES *et al.*, 2017).

Um desafio para o processamento de coproduto de frutas é que algumas frutas são sazonais, como a manga, abacaxi e maracujá, enquanto outras são produzidas o ano inteiro como uva, laranja e maçã. Por esta razão, uma indústria que processe apenas um tipo de coproduto pode não se tornar economicamente competitiva. Adicionalmente, receber várias frutas de diferentes origens dificulta os processos de extração de compostos bioativos (BANERJEE *et al.*, 2017).

A Embrapa por meio da rede “Passitec” desenvolveu novos produtos à base de maracujá de forma a aproveitar integralmente o fruto e das diferentes espécies. Neste contexto, a casca da *P. setacea* foi testada na formulação de geleias light, massas à base da casca para adição de fibras em diferentes produtos como sopa, pães e queijo minas frescal.

### 3.2. Passiflora

A família Passifloraceae tem entre 530 a 700 diferentes espécies, localizados nas regiões tropicais e subtropicais como a regiões das América do Sul, Ásia e África. O principal gênero é o Passiflora, contendo 400 espécies catalogadas, com cerca de 150 espécies nativas no Brasil, sendo que aproximadamente 60 a 70 dão frutos que são chamados de maracujá (MAMEDE *et al.*, 2017; CUNHA *et al.* 2002). Em 2016, o Brasil produziu cerca de 703 mil toneladas de maracujá, sendo o Nordeste o maior produtor do *Passiflora edulis* (IBGE, 2016). Em torno de 50 % da produção do fruto de maracujá é utilizado para sucos e polpas, assim potencializa o uso dos seus coprodutos, ricos em compostos funcionais, para elaboração de novos ingredientes para a indústria de fitoterápicos, fármacos e alimentos. O reaproveitamento do resíduo industrial gerado na elaboração de sucos no Brasil e, em particular, o uso das sementes para aumentar a oferta de óleos vegetais com características desejadas para a formulação de cosméticos tem potencializado a instalação de pequenas usinas para extração do óleo. As sementes de maracujá da espécie *Passiflora edulis* Sims (Figura 1), que é uma espécie comercial, contém na fração lipídica compostos bioativos como tocoferóis, fitoesteróis e compostos fenólicos, que são de interesse da indústria química (DA SILVA e JORGE, 2014).

Figura 1: Maracujá - *P. edulis* Sims



Fonte: Nunes *et al.* 2015

### 3.2.1. *Passiflora alata*

A *Passiflora alata* Curtis, conhecida como maracujá-doce, é uma planta nativa da América do sul especialmente do Brasil, mas também pode ser encontrada no Peru, Paraguai e Argentina (BERNACCI; MELETTI; SOARES-SCOTT, 2003). Medicamentos fitoterápicos à base do fruto de maracujá são feitos, principalmente, a partir das folhas do *P. alata* possuem propriedades calmantes, ansiolíticas e sedativa. Nas folhas são encontrados flavonoides como apigenina, vitexina, isovitexina, rutina entre outros compostos fenólicos (COLOMEU *et al.*, 2014). Em 2017, a Embrapa lançou uma nova cultivar de *P. alata*, a BRS Mel do Cerrado (Figura 2) que é resultado de um melhoramento genético e apresenta maior produtividade e maior resistência a doenças. Existe ainda a cultivar *P. alata* BRS Doce Mel que ainda não está registrada, mas vem sendo testada em cultivos experimentais.

Figura 2: *Passiflora alata* BRS Mel do Cerrado



Fonte: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4126/maracuja-doce---brs-mel-do-cerrado-brs-mc>

### 3.2.2. *Passiflora setacea*

A *Passiflora setacea* De Candolle (Figura 3) é uma espécie nativa do cerrado sendo encontrada na Bahia, Minas Gerais e Goiás, conhecida como maracujá do sono ou maracujá cobra. A cultivar BRS Pérola do Cerrado é resultado de um melhoramento genético desenvolvido na Embrapa, selecionada para ter um maior tamanho do fruto, maior produtividade e resistência a doenças (COSTA *et al.*, 2015).

Figura 3: *Passiflora setacea* fruto, semente e óleo



Fonte: Ana Maria Costa - <http://www.cpac.embrapa.br/passitec/produtospassiflorasetacea/>

### 3.2.3. *Passiflora tenuifila*

A *Passiflora tenuifila* (Figura 4) é conhecida como maracujá alho, esse nome se deve ao tamanho reduzido e ao aroma da fruta; é uma espécie nativa da Mata Atlântica e do Cerrado. Esta espécie apresenta em sua composição química compostos funcionais da família dos alcaloides, flavonoides e carotenoides e possui alta atividade antioxidante. O rendimento de polpa, casca e semente é respectivamente de 31%, 54% e 15%. Apesar da cultivar ainda não estar registrada, em cultivos experimentais estuda-se um novo genótipo para a *P. tenuifila*, a BRS Vita (PEREIRA; SILVEIRA; COSTA, 2012).

Figura 4: *Passiflora tenuifila*



Fonte: Fotos tiradas durante o projeto

### 3.3. Lipídeos

A forma mais comum dos lipídeos são os triacilgliceróis, que são ésteres formados a partir de três ácidos graxos ligado a um glicerol. Estes podem ser saturados possuindo apenas ligações simples e insaturados que apresentam uma ou mais dupla ligação, sendo classificados como monoinsaturado quando tem apenas uma dupla ligação e poli-insaturado quando tem duas ou mais duplas ligações (O'BRIEN, 2003).

#### 3.3.1. Compostos majoritários em óleos vegetais

Os triacilgliceróis estão presentes majoritariamente na fração lipídica dos vegetais, a composição em ácidos graxos define as características físico-químicas do óleo vegetal. Entre os mais comumente encontrados em vegetais destacam-se os ácidos cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) de cadeias saturadas. O ácido cáprico predomina nas espécies *Cuphea ilavea* e *Cuphea leptopoda* que são plantas da América do Norte que contêm aproximadamente 92% desse ácido. O ácido láurico (C12:0) é encontrado nos óleos das sementes de palmeiras (*Elaeis guineenses*), destacando-se os óleos de coco (*Cocus nucifera*), palmiste, macaúba (*Acrocomia aculeata*) e babaçu (*Orbignya oleifera*), usados principalmente na indústria de produtos para higiene e em menor escala na indústria de alimentos. O ácido mirístico é encontrado em grande proporção na amêndoa da cambódia (*Invirgia malayana*) e o ácido esteárico nas manteigas de cacau (*Theobroma cacao*), de karité (*Vitellaria paradoxa*) e semente de manga (*Mangifer indica*). A manteiga de cacau, tem elevado valor no mercado pois é comercializada em grande escala para elaboração de chocolate enquanto as gorduras de manga e karité são usadas na elaboração de cosméticos e a farmacêutica.

No caso dos ácidos graxos monoinsaturados, o mais comum é o ácido oleico (C18:1 n-9) que é encontrado em grande proporção (acima de 65 %) no azeite de oliva (*Olea europaea*) e no óleo de canola, mas também pode ser encontrado em grandes proporções em óleos raros como o óleo da noz macadâmia (*Macadamia tetrapylla*) e no óleo da polpa do abacate (*Persea americana*). Entre os ácidos graxos poli-insaturados os mais importantes são o ácido linoleico (C18:2 n-6) que está presente na semente da uva (*Vitis vinifera*), semente de melão (*Cucumis melo*) e semente do pimentão (*Capsicum annuum*) e o ácido alfa-linolênico (C18:3 n-3) que predomina na linhaça (*Linum usitatissimum*) e chia (*Salvia hispanica*) cerca de 50 %. Os óleos mais comercializados (commodities) como o de soja, milho e girassol apresentam

uma mistura de oleico (cerca de 20 %) e linoleico (aproximadamente 65 %) (DUBOIS *et al.*, 2007).

### **3.3.2. Compostos minoritários – matéria insaponificável**

A matéria insaponificável é composta por fosfolipídeos, tocoferóis, esteróis, resinas, traços de metais, vitaminas lipossolúveis e pigmentos como caroteno e clorofila, e variam de 2% a 7% em óleos vegetais. Esta fração é normalmente removida durante o refino do óleo. A remoção de alguns compostos durante o refino dos óleos comestíveis, como os metais e fosfatídeos, é recomendada, pois a presença destes favorecem a oxidação do óleo enquanto os demais compostos insaponificáveis, além das propriedades funcionais, ajudam na estabilização do óleo (O'BRIEN, 2003).

### **3.3.3. Oxidação de lipídeos**

O processo de oxidação dos lipídeos é um sinal de deterioração dos alimentos que causa perda da qualidade sensorial e nutricional. Alguns fatores podem favorecer esse tipo de reação, tais como: a estrutura do ácido graxo, presença de enzimas, temperaturas elevadas, umidade, oxigênio e radiação, metais entre outros (KOLAKOWSKA, 2003).

O mecanismo de auto-oxidação lipídica está dividido em três etapas iniciação, propagação e terminação. Na iniciação um radical, contendo elétrons livres, pode ser um radical hidroxil, peroxil ou alquil, desloca a dupla ligação de um ácido graxo formando um radical ácido graxo. Na etapa da propagação, o radical de ácido graxo reage com oxigênio (atmosférico ou triplete) formando o radical peroxil, esse radical é capaz de remover o hidrogênio de outra molécula, isso significa deslocar uma dupla ligação de um ácido graxo e formar um novo radical de ácido graxo, essa reação resulta na formação de hidroperóxidos de ácidos graxos. Na fase terminal, ocorre a reação de dois radicais dando origem a um não radical (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2008; KOLAKOWSKA, 2003).

Considerando a estrutura dos ácidos graxos, os saturados e os monoinsaturados são muito estáveis, se comparados com os poli-insaturados. O ácido linoleico (C18:2 n-6) é até 40 vezes mais reativo do que oleico e o ácido linolênico (C18:3 n-3) é cerca de 2 vezes mais reativo que o linoleico. A conformação do oxigênio que é um pró-oxidante e quando na forma de oxigênio singlete é capaz de reagir diretamente com a dupla ligação formando os hidroperóxidos lipídicos (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2008).

No caso das enzimas, a lipoxigenase que é uma proteína endógena em plantas e animais, catalisa os ácidos graxos formando hidroperóxidos. A lipoxigenase é ativa mesmo em baixas temperaturas e pode ser desnaturada durante o branqueamento dos vegetais. Os metais de transição, também encontrados em alimentos, diminuem a estabilidade oxidativa e decompõem hidroperóxidos como os formados na fase de propagação, pelo oxigênio singlete e pela lipoxigenase em radicais como alcooxil, hidroxil e peroxil e esses estão disponíveis para começar uma nova reação. A luz UV e a visível podem ser responsáveis pela formação de radicais livres, entretanto isso pode ser evitado com a embalagem adequada. Finalmente, a elevação de temperaturas acelera as reações. Os produtos da decomposição dos lipídeos pela  $\beta$ -clivagem produz álcoois, aldeídos e outros produtos que conferem os aromas característicos da rancidez oxidativa (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2008; KOLAKOWSKA, 2003).

### **3.4. Compostos Fenólicos**

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários das plantas e são produzidos durante o crescimento da mesma, mas também pode ser uma resposta a situações de estresse provocadas por radiação UV, infecções, ferimentos entre outras injúrias. Nos alimentos, os compostos fenólicos contribuem na adstringência, amargor, cor, sabor e na estabilidade oxidativa dos produtos (NACZK; SHAHIDI, 2004).

Os compostos fenólicos podem ser classificados em fenóis simples e polifenóis (ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, estilbenos e lignanas). Os ácidos fenólicos são divididos em dois grupos os ácidos hidroxibenzóicos e os ácidos hidroxicinâmicos. Existem mais de quatro mil flavonoides na natureza e esses são classificados como flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanóis, isoflavonas e antocianidinas, compostos que apresentam elevado potencial antioxidante. Os taninos são os compostos com maior massa molar e o terceiro grupo mais importante na classe dos compostos fenólicos. Estes são subdivididos em hidrolisáveis e condensados. Os estilbenos existem na forma cis ou trans, são compostos produzidos em resposta a um estresse ou algum dano sofrido pela planta (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

O processo de extração é uma etapa importante na quantificação e na identificação de compostos fenólicos. Neste caso, vários fatores podem interferir na seleção do soluto entre eles pode-se incluir: os fatores termodinâmicos tais como a natureza do solvente, a razão

solvente/substrato, a temperatura e a composição da parede celular da planta; fatores físicos como o tamanho de partícula e a porosidade e o parâmetro cinético (tempo). Os solventes mais usados na extração de compostos fenólicos são metanol, etanol, acetona, água, acetato de etila ou podem ser usadas combinações desses solventes (NACZK; SHAHIDI, 2004).

O método tradicional para a quantificação de compostos fenólicos é o espectrométrico usando o reagente de Folin-Ciocalteu, que pode ser aplicado para as diferentes estruturas de fenólicos. Este método é simples e de baixo custo, mas não fornece a identificação dos compostos. O método usado na identificação dos compostos é o cromatografia de alta performance (HPLC), mas cada composto é identificado a partir de uma coluna diferente e requer o uso de padrões de custo elevado (IGNAT; VOLF; POPA, 2011).

Segundo Vasco *et al.*(2008), de acordo com a quantidade de compostos fenólicos uma amostra pode ser considerada de alta quantidade quando apresenta mais de 1000 mg de ácido gálico equivalente/100g de amostra, de média quantidade entre 100 e 1000 mg de ácido gálico equivalente/100 g de amostra e de baixa quantidade quando contém menos do que 100 mg de ácido gálico equivalente/ 100 g de amostra.

### **3.5. Antioxidantes em alimentos**

Os antioxidantes são normalmente usados na elaboração de alimentos para a preservação das suas propriedades, aumentando a vida de prateleira dos produtos industrializados. Em óleos e gorduras são adicionados intencionalmente de modo a permitir uma vida útil de até 2 anos. Os antioxidantes não devem ser tóxicos, devem ser efetivos em baixas concentrações, não devem alterar a cor e sabor dos alimentos e devem se manter estáveis durante o processamento (REISCHE; LILLARD; EITENMILLER, 2008).

Existem dois tipos de mecanismo de ação: i) o primário no qual o antioxidante reage com os radicais de lipídeos e age diretamente impedindo a reação de propagação produzindo um radical estável e ii) o secundário que retarda o processo de oxidação, não atuando diretamente no processo, mas nos fatores que promovem a reação, como os quelantes de metais que estão na forma de radical e ao ser quelado não reagem e os removedores de oxigênio que atuam oxidando o oxigênio este ficando este indisponível para reações (GUNSTONE, 2004).



Os antioxidantes sintéticos mais usados em alimentos são BHT (hidroxitolueno butilado), BHA (hidroxianisol butilado), TBHQ (butilhidroquinona terciária) e galato de propila. O BHA e BHT são estáveis ao calor, por esta razão, são destinados para processos industriais, quando aplicados juntos apresentam sinergia. O TBHQ é mais usado em óleos vegetais, por ser mais resistente à fritura. Antioxidantes sintéticos são de baixo custo e promovem a estabilidade do alimento. Entretanto, estudos recentes mostram que em quantidades podem causar doenças. No Brasil a quantidade usada na elaboração de alimentos é limitada de acordo com normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que estabelece um máximo de 0,02 g de TBQH ou BHA por 100 g ou 100 mL de óleo e pata 0,01 g de BHH ou galato de propila por 100 g ou mL de óloe sobre o teor de gordura (GUNSTONE, 2004; REISCHE, LILLARD e EITENMILLER, 2008).

Entre os antioxidantes naturais, os compostos mais importantes são o ácido ascórbico, os tocoferóis, tocotrienóis, carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos. Os tocoferóis e os tocotrienóis estão presentes naturalmente em óleos vegetais. Os tocoferóis são formados por anéis com hidroxilação e uma cadeia de fitol, a diferença entre eles está no número de metilações no anel. O  $\alpha$ -tocoferol tem três metis nas posições 5,7 e 8; o  $\beta$ -tocoferol é bimetilado (5 e 8); o  $\gamma$ - tocoferol é bimetilado (7 e 8) e o  $\delta$ -tocoferol é monometilado (8), os tocotrienóis tem três duplas ligações na cadeia nas posições 3',7',11' e também apresentam  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ , A atividade antioxidante dos tocoferóis e tocotreienóis aumentam do  $\alpha$  para o  $\delta$ , eles atuam nos radicais peroxil e impedindo a etapa de propagação. A legislação estabelece um máximo de 0,05 g por 100 g de óleo do  $\alpha$ -tocoferol na fração lipídica, pois acima de 1000 ppm este atua como pró-oxidante (ANVISA, 2005). O ácido ascórbico também está presente naturalmente em plantas e atua como antioxidante agindo nos radicais de oxigênio singlete (DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2008; GUNSTONE, 2004; REISCHE, LILLARD e EITENMILLER, 2008).

### **3.5.1. Uso de antioxidantes em óleos vegetais**

Ferrari et al. (2006) conduziram um estudo do tempo de indução do óleo de semente de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) utilizando os antioxidantes sintéticos (BHA, BHT e TBHQ), um emulsificante (lecitina), além de uma mistura de TBHQ e lecitina de soja, Os antioxidantes sintéticos foram adicionados na proporção de 0,01 g/L enquanto a lecitina foi adicionada na proporção de 0,05 g/L e a mistura TBHQ e lecitina 0,01 g/L e 0,05 g/L, respectivamente. Foram conduzidos testes de estabilidade oxidativa em Rancimat, sendo que

a amostra controle (sem adição de antioxidantes) apresentou um tempo de indução de 4,95 horas. Os autores constataram que, no caso da adição isolada, apenas com BHA foi observado um aumento pequeno de 7% no tempo de indução do óleo (5,30 horas). No entanto, a adição da mistura TBHQ + lecitina aumentou em 35% o tempo de indução.

Yang *et al.* (2016) comparou o efeito do extrato comercial de alecrim e uma mistura de BHA e BHT na estabilização dos óleos de soja, de semente de algodão e de farelo de arroz, alcançando melhores resultados de tempo de indução e de capacidade antioxidante nos óleos adicionados de extrato de alecrim.

### **3.6. Óleo de maracujá**

#### **3.6.1. Composição em ácidos graxos do óleo de semente de maracujá**

O perfil de ácidos graxos dos óleos das sementes de maracujá depende, entre outros fatores, das espécies do fruto e das características climáticas da região produtora. Em geral, o ácido graxo insaturado predominante é o linoleico (C18:2) de 57 a 59%, essa composição pode ser vista na Tabela 1. Segundo Paula (2015), o processamento para extração do óleo, por solvente ou prensagem, não afeta significativamente o perfil de ácidos graxos. A composição química dos lipídeos é um fator que apresenta forte correlação com o tempo de indução dos óleos graxos.

#### **3.6.2. Matéria insaponificável em óleo de maracujá**

Segundo Malacrida e Jorge, (2012), o óleo de maracujá da espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* tem 1,51% de matéria insaponificável, sendo 499,30 mg/kg o total de tocoferóis; dentre esses o  $\beta$ -tocoferol, o  $\gamma$ -tocoferol e o  $\delta$ -tocoferol, representam respectivamente 54 mg/kg, 166,6 mg/kg, 278,70 mg/kg, enquanto o  $\alpha$ -tocoferol não foi detectado. Santana *et al.* (2015) analisaram os teores de tocoferóis das espécies *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila* conforme pode ser observado na Tabela 3, sendo observado maiores teores de tocoferóis para a espécie *P. setacea*.

#### **3.6.3. Compostos voláteis em óleo de semente de maracujá**

Os compostos voláteis podem ser utilizados em diferentes setores industriais e, entre suas aplicações, podem ser destacados seu uso na indústria alimentícia para reconstituição e formulação de aroma com características sensoriais mais próximas do natural (FRANCO, 2003; NOGUEIRA, 2002).

Paula et al. (2015) observaram que os terpenos e os ésteres são os compostos voláteis mais abundantes do óleo de *P. setacea* promovendo um aroma agradável com notas florais e frutadas. O *P. alata* apresentou concentrações mais elevadas de ésteres e aldeídos, onde se identificou notas aromáticas predominante de frutas. Os autores observaram uma diferença significativa no perfil de voláteis das amostras em função do processo adotado: prensagem à frio, prensagem à quente e extração com etanol.

#### **3.6.4. Compostos fenólicos na semente de maracujá**

A semente de maracujá se destaca entre os vegetais pois apresenta na sua composição fenólica uma grande quantidade de piceatanol. O piceatanol é um hidroxilado do resveratrol, normalmente, presente nos vegetais. Estes dois compostos pertencem à classe dos estilbenos, eles apresentam uma atividade antioxidante similar (UCHIDA-MARUKI *et al.*, 2015).

MATSUI *et al.*, (2010) investigou a composição fenólica da semente, da casca e da polpa *P. edulis* e encontrou um maior teor de compostos na semente e identificando uma quantidade significativa de piceatanol 2,2 mg/g e 0,1 mg/g de resveratrol na semente. Nesse estudo, a semente foi utilizada para inibir a melanogênese e sintetizar colágeno solúvel e teve um resultado positivo *in vitro*. Sano *et al.* (2011) identificaram um dímero do piceatanol, o scirpusin B e na semente seca de *P. edulis* contém 570 mg/100 g piceatanol e 360 mg/ 100 g scirpusin B. Santana (2015) avaliou as sementes das espécies *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila* quanto à presença desse composto e encontrou para *P. alata* BRS Doce Mel, *P. alata* BRS Mel do Cerrado, *P. tenuifila* BRS Vita e *P. setacea* BRS Pérola do Cerrado 8,56; 3,68; 10,28 e zero g/ 100 g de amostra base seca, respectivamente. Os compostos fenólicos totais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1: Composição aproximada dos ácidos graxos na fração lipídica das diferentes espécies de maracujá

Fonte:		( DE PAULA, 2015)			DE SANTANA, <i>et al.</i> , 2015		
Ácidos Graxos		<i>P. setacea</i> BRS Pérola do Cerrado (%)	<i>P. alata</i> BRS Doce Mel (%)	<i>P. setacea</i> BRS Pérola do Cerrado (%)	<i>P. alata</i> BRS Doce Mel (g/100g de óleo)	<i>P. alata</i> BRS Mel do Cerrado (g/100g de óleo)	<i>P. tenuifila</i> BRS Vita (g/100g de óleo)
C16:0	Palmítico	11 a 12	16 a 18	9,6	10	10	11
C16:1	Palmitoléico	-	-	-	0,66	0,74	-
C18:0	Estearico	4,0 a 5,0	3,0 a 4,0	3,2	2,7	2,7	2,9
C18:1 (n-9)	Oleico	18 a 20	16 a 18	16	14	14	16
C18:1 (n-11)	-	-	-	0,54	0,59	0,61	0,67
C18:2 (n-6)	Linoleico	58 a 59	57 a 58	70	72	71	69
C18:3 (n-3)	Linolênico	1,0	1,0	0,90	0,80	1,1	0,56
Soma dos saturados		15 a 17	19 a 22	13	13	13	14
Soma dos monoinsaturados		18 a 20	16 a 18	16	15	15	16
Soma dos polinsaturados		59 a 60	58 a 59	71	72	72	70
<b>Razão saturados: insaturados</b>		<b>0,18 a 0,21</b>	<b>0,26 a 0,29</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,17</b>

Tabela 2: Compostos fenólicos no óleo e no extrato de semente extraído com 70 % de etanol, 80 °C e 30 minutos

Amostra	Semente		Óleo
	Fenólicos Totais (g GAE/100 g)	Flavonoides Totais (g CAE/100 g)	Fenólicos totais (g GAE/100 g de óleo)
<i>P. alata</i> BRS Doce Mel	4,36 ± 0,15	1,44 ± 0,07	2,48 ± 0,10
<i>P. alata</i> BRS Mel do Cerrado	3,76 ± 0,07	1,19 ± 0,05	2,28 ± 0,22
<i>P. tenuifila</i> BRS Vita	7,54 ± 0,02	4,03 ± 0,07	3,32 ± 0,13
<i>P. setacea</i> BRS Perola do Cerrado	7,96 ± 0,07	8,35 ± 0,36	15,22 ± 1,22

Fonte: SANTANA, 2015; SANTANA *et al.*, 2015

Tabela 3: Tocoferóis e tocotrienol nas espécies de maracujá

Amostra	Tocoferóis (mg/100g de óleo)				Tocotrienol (mg/ 100g de óleo)
	$\alpha$ -tocoferol	$\beta$ -tocoferol	$\gamma$ -tocoferol	$\delta$ -tocoferol	
<i>P. alata</i> BRS Doce Mel	1,21 ± 0,02	1,76 ± 0,16	0,86 ± 0,03	112,30 ± 6,91	11,09 ± 0,60
<i>P. alata</i> BRS Mel do Cerrado	1,26 ± 0,04	1,65 ± 0,15	0,85 ± 0,04	83,57 ± 3,52	75,03 ± 2,91
<i>P. tenuifila</i> BRS Vita	1,56 ± 0,03	2,85 ± 0,17	1,02 ± 0,05	75,65 ± 3,83	43,69 ± 2,30
<i>P. setacea</i> BRS Perola do Cerrado	6,42 ± 0,14	4,10 ± 0,47	13,17 ± 0,29	201,93 ± 2,47	30,01 ± 1,33

Fonte: DE SANTANA *et al.*, 2015

### **3.7. Processamento**

#### **3.7.1. Autoclave**

A autoclave é um equipamento amplamente empregado para tratamento térmico de alimentos. Neste processo usa-se o efeito do binômio tempo x temperatura para a redução da carga microbiana. Quanto maior a temperatura menor o tempo para se atingir o mesmo efeito de redução dos esporos bacterianos (JAY, 2005).

O tempo para reduzir 90% dos microrganismos é o tempo de redução decimal ou valor D, a 121 °C, são necessários de 3 a 4 minutos para alguns microrganismos termofílicos, como exemplo o *Bacillus stearothermophilus* e o *Clostridium thermosaccharolyticum*, presentes em hortaliças. No caso da toxina E do *Clostridium botulinum* são necessários 3 minutos na temperatura de 60 °C (FELLOWS, 2006).

Segundo Chamorro *et al.*, (2012), a autoclavagem a 100 °C não afeta significativamente a quantidade de compostos fenólicos do extrato de semente de uva e bagaço de uva.

#### **3.7.2. Secagem**

A secagem é uma operação unitária aplicada, em geral, com o objetivo de remover água do alimento para prolongar sua vida de prateleira. Esse processo reduz a atividade de água, inibindo o crescimento microbiano e diminuindo a atividade enzimática. Os fatores que controlam a secagem são as taxas de transferência de massa e calor e tem como parâmetros a temperatura do ar, a umidade do ar e a temperatura de secagem (McCABE; SMITH; HARRIOTT, 1993).

O estudo da cinética de secagem resulta numa curva onde é possível identificar as diferentes fases do processo de transporte de massa. A primeira barreira é a camada limite, a qual dificulta a transferência de calor e a evaporação da água. A espessura da camada limite é determinada, principalmente pela velocidade do ar e propriedades termodinâmicas. O primeiro período de secagem, denominado de secagem à taxa constante, ocorre quando a água do interior do alimento se movimenta para a superfície na mesma taxa que é evaporada e transferida para o ar, nessa fase a água livre é retirada por equilíbrio termodinâmico. No segundo período, denominado de taxa decrescente, a transferência de massa de água do interior para a superfície é menor do que a transferência para o ar, nessa fase ocorre a retirada

da água ligada. A terceira fase no qual a difusão controla o transporte da última fase e finalmente ocorre o equilíbrio quando o alimento entra em equilíbrio com o ar de secagem (McCABE; SMITH; HARRIOTT, 1993).

### **3.7.3. Extração de óleos vegetais**

Os métodos tradicionais de extração de óleo são os métodos químicos e físicos, em geral, o método físico é conduzido por prensagem. Neste caso, uma força mecânica é exercida na semente e o óleo é expulso das células. Na prensa o óleo é recolhido através de orifícios situados na parte interior do cilindro enquanto a torta semi desengordurada é removida posteriormente na saída do cilindro. O método de prensagem é recomendado para sementes que apresentam teor de óleo superior a 15%. Esse método apresenta menor custo de operação e melhor qualidade do óleo extraído, se comparado ao óleo obtido com solvente (DELFAN-HOSSEINI *et al.*, 2017).

O método químico é realizado com uso de solventes apolares, normalmente derivados de petróleo (n-hexano). O óleo é solubilizado no solvente e removido das células por difusão. O farelo desengordurado é removido por filtração e o óleo é separado do solvente por evaporação com base na diferença significativa das temperaturas de ebulição dos componentes da mistura líquida. Os métodos de extração podem ser combinados aplicando-se inicialmente a prensagem seguida da extração com solvente da torta de prensagem parcialmente desengordurada (BOCKISCH, 1998).

A extração com solvente alcança maior rendimento, mas apresenta algumas desvantagens como a emissão de compostos voláteis tóxicos para o meio ambiente e impactos negativos nas propriedades funcionais dos lipídeos, associados à alta temperatura para remoção do solvente. Quando comparado os dois métodos de extração os autores Delfan-Hosseini *et al.* (2017) e Adebayo *et al.* (2015) não encontraram diferenças significativas nas propriedades físicas, nem na composição de ácido graxos. Para semente de *Portulaca oleracea* que é uma erva e semente de kariya, uma planta ornamental originária da costa oeste da África, confirmou-se um maior rendimento na extração com solvente quanto comparado com a extração por prensagem.

YILMAZ e GÜNEŞER (2017) compararam as propriedades do óleo da semente de limão extraído por dois métodos: prensagem e solvente hexano. Não foram encontradas diferenças significativas nas propriedades físicas como densidade e refração. O óleo prensado

apresentou, como esperado, menor índice de acidez e de peróxido, menor porcentagem de ácidos graxos livres e valores mais altos para o total de fenólicos e antioxidante pelo método TEAC.



## 4. Materiais e Métodos

### 4.1. Matérias – Primas

Foram utilizadas as sementes de três espécies de maracujás *Passiflora alata*, *Passiflora setacea* e *Passiflora tenuifila* cultivados em campo experimental da Embrapa Cerrados, Brasília, DF. As amostras foram congeladas e enviadas para o Rio de Janeiro, RJ.

As duas primeiras foram recebidas apenas as sementes, sem polpa, a espécie *P. tenuifila* foi enviada na forma de frutos congelados. A retirada da polpa da *P. tenuifila* foi feita manualmente abrindo o fruto e separando a polpa e as sementes em diferentes recipientes.

### 4.2. Lavagem e autoclavagem das sementes

O primeiro passo foi a lavagem das três sementes para a retirada da polpa residual. Em seguida, as espécies *P. setacea* e *P. tenuifila* foram autoclavadas a 120 °C por 20 minutos para uma diminuição da carga microbiana e para não interferir na secagem dos compostos fenólicos.

### 4.3. Cinética de secagem da semente

Em seguida todas as espécies passaram pelo secador convectivo (Macanuda – Brasil) na temperatura de 50 °C para reduzir a umidade até estar entre 10 % e 15 %, essa etapa é importante para prensagem. Paula (2015) estudou a prensagem de semente de maracujá e encontrou a melhor eficiência entre as umidades escolhidas.

Para o estudo da velocidade de secagem da semente foram realizados experimentos em triplicata. A massa da semente foi acompanhada durante 3 horas com amostragem a cada 30 minutos, até atingir a umidade de equilíbrio, ou seja, massa constante. Para determinação da umidade final, 2 gramas de amostra foram transferidas para vidro de relógio e secas a 110 °C até remoção total da água.

Para o ajuste matemático dos dados experimentais foi usada a segunda Lei de *Fick*:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla (D_{ef} \nabla X) \quad [4.1]$$

onde: X é umidade, t é tempo (s) e  $D_{ef}$  é o coeficiente efetivo de difusão ( $m^2/s$ )

O coeficiente de difusão representa os mecanismos de difusão da água, é determinado a partir das curvas de secagem e depende da temperatura de secagem e da velocidade

Considerando as sementes como esferas, a equação de difusão molecular pode ser expressa em séries assintóticas (eq. 4.2):

$$\frac{C(t)-C_{eq}}{C_0-C_{eq}} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{n^2\pi^2 Def t}{R^2}\right) \quad [4.2]$$

Onde:

$C(t)$  – é a concentração no tempo  $t$ ,

$C_{eq}$  é a concentração no tempo de equilíbrio,  $C_0$  é a concentração no tempo inicial

Usando a expressão até a terceiro termo, obtém-se

$$\frac{C(t)-C_{eq}}{C_0-C_{eq}} = \frac{6}{\pi^2} \left[ (e^{-A^2 t}) + \left(\frac{1}{4}\right) * (e^{-4A^2 t}) + \left(\frac{1}{9}\right) * (e^{-9A^2 t}) \right] \quad [4.3]$$

O parâmetro  $A$  envolve o coeficiente de difusão e o raio médio das partículas,

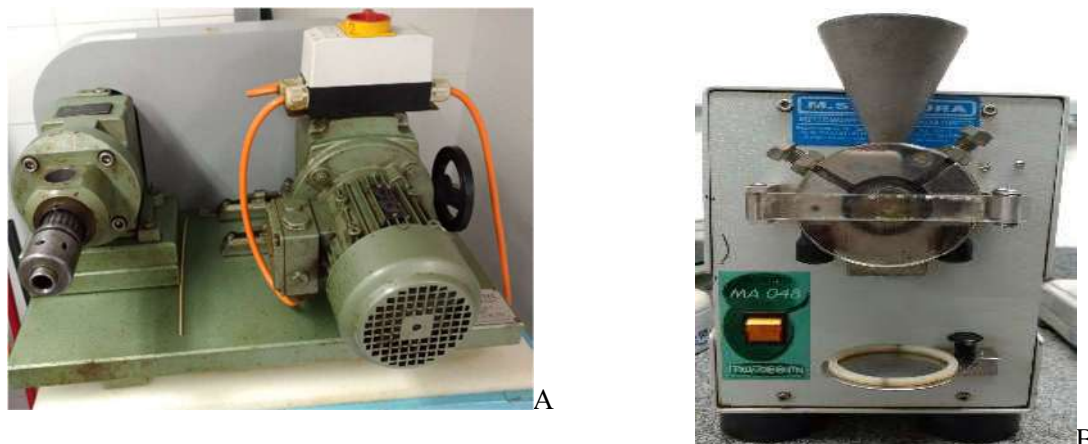
$$A = \frac{\pi^2}{R^2} Def \rightarrow Def = \frac{AR^2}{\pi^2} \quad [4.4]$$

O raio da semente foi calculado pelo raio equivalente da esfera.

#### 4.4. Moagem da semente

As sementes de *P. setacea* e *P. alata* foram moídas em moinho de facas mostrado Figura 5 (marca Macron MA-048) para diminuir o tamanho da partícula e facilitar a prensagem a semente de *P. tenuifila* não passou por esse processo por apresentar um diâmetro reduzido ( $d < 3$  mm).

Figura 5: Equipamentos de processo: (a) Prensa continua tipo parafuso sem fim e (b) Moinho de facas



#### 4.5. Extração do óleo da semente e teor de lipídeos

O óleo das sementes das espécies estudadas foi extraído por prensagem. A prensagem foi conduzida em uma prensa semi-piloto do tipo parafuso sem fim, com parafuso número 8, marca Oekotec - Alemanha modelo CA59G (Figura 5), de forma que as sementes entram no parafuso e ao passar por furos, o óleo é retirado junto com a borra e a torta sai em forma de pellets; o óleo e a borra são colocados na geladeira por 24 horas para decantação e posterior separação.

A eficiência de extração foi calculada segundo a equação a seguir:

$$\text{Eficiência de extração} = \frac{\text{massa de óleo separado}}{\text{massa de óleo na semente}} * 100$$

Para calcular a quantidade de óleo na semente foi feito um balanço de massa, com base em dados preliminares:

- i- Perda durante a moagem = massa amostra após moagem seca/massa amostra na alimentação (cerca de 1%).
- ii- Perda prensa (%) = (massa na alimentação – (torta + óleo+ borra))/massa alimentação

O óleo residual na torta foi determinado por extração com éter de petróleo em extrator de lipídeos (Quimis), de acordo com metodologia padrão da AOCS (2004). Neste caso, foi pesada uma amostra de 2,5 g da amostra em um cartucho de celulose. Este foi mantido sob

refluxo com éter de petróleo por 20 minutos. O éter de petróleo foi evaporado na estufa à 40°C. O teor de lipídeos foi determinado pelo método gravimétrico.

Para remover o óleo retido na borra adicionou-se etanol anidro PA à amostra na proporção de 1:3. Após homogeneização, a borra foi separada da solução óleo/solvente e as duas correntes foram submetidas à evaporação do etanol e quantificação dos produtos óleo e farelo desengordurado. O total de lipídeos nas sementes foi calculado pela soma das parcelas: óleo prensado e decantado, óleo residual na torta e óleo na borra. Com estes dados, o teor de lipídeos foi determinado pela razão entre o total de lipídeos e a massa da amostra

$$\text{Teor de lipídios na semente (\%)} = \frac{\text{total de lipídeos (g)}}{\text{massa de semente (g)}}$$

#### 4.6. Obtenção dos compostos fenólicos a partir da torta de prensagem

Para extração dos compostos fenólicos, as tortas desengorduradas foram previamente trituradas em moinho de facas (marca Macron MA-048) acoplada a uma peneira com orifícios de 1 mm. A amostra triturada, com diâmetro de partícula (dp) inferior a 1 mm, foi macerada com etanol na proporção de 1:5 (torta:solução etanólica). Para o desenho experimental, a concentração de etanol na solução extratora foi selecionada a partir dos resultados preliminares. Neste caso foram usadas as soluções etanol/água: 30:70, 50:50 e 70:30 (Figura 6). A suspensão foi mantida em banho de aquecimento na temperatura de 45 °C por 30 minutos, com agitação orbital de 600 rpm. Após a extração dos compostos solúveis na solução extratora, realizou-se a separação das fases líquida (extrato) e sólida (torta) por filtração à vácuo. O extrato rico em compostos com alegação funcional foi armazenado a (-18 ± 0,5 °C) até análise.

Figura 6: Extratos etanólicos *P. alata*



#### 4.7. Análises do óleo

##### 4.7.1. Estabilidade oxidativa por Rancimat

A estabilidade oxidativa do óleo foi realizada em duplicata, utilizando-se 3 g de amostra em cada tubo de reação, em aparelho tipo Rancimat, marca Metrohm, modelo 743, nas seguintes condições de temperatura de 110 °C e vazão de ar de 10 L/h. Esse é um método que acelera a reação de oxidação, com calor e com fluxo de ar, a medida é feita através da mudança de condutividade da água com os compostos voláteis formados na reação e o resultado é dado em condutividade por tempo.

#### **4.7.2. Análise da capacidade antioxidante**

A capacidade antioxidante do óleo foi realizada utilizando o método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) de acordo com Rufino *et al.*, (2007). Nesta análise, o radical é capturado pelo antioxidante e a coloração da amostra varia de violeta escura a violeta claro. A leitura foi realizada espectrômetro (BelFotonix SP 1105) a 515 nm.

Para o preparo da solução mãe, utiliza-se 12 mg do DPPH para 500 mL de álcool isopropílico e para obtenção da curva padrão utiliza-se diferentes concentrações da amostra diluída em álcool. Foi feita uma amostra controle com 3,9 mL de DPPH e 0,1 mL de álcool isopropílico. As amostras com as seguintes massas de 0,2 g, 0,4 g e 0,6 g foram diluídas em 4 mL de álcool isopropílico e analisadas, em duplicata, as leituras da absorbância foram feitas no tempo de 30 minutos e 1 hora.

#### **4.8. Análises no extrato etanólico retirado da torta de prensagem**

##### **4.8.1. Teor de compostos fenólicos totais no extrato**

A análise de compostos fenólicos foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu seguindo a metodologia de Singleton & Rossi (1965) e modificado por Georgé *et al.*, (2005), esse método se baseia na redução dos ácidos em óxidos, o composto formado tem a coloração azul e a absorbância é lida em 760 nm, o resultado é expresso em equivalente de ácido gálico (GEQ). A curva padrão foi realizada com ácido gálico nas seguintes concentrações em mg/L: 20,4; 40,8; 61,2; 81,6; 102.

No tubo de ensaio pipetou 0,5 mL da solução do extrato, adicionou 2,5 mL de solução de Follin-Ciocalteau 10 %, agitou no vortex e esperar dois minutos. Após adicionou 2,0 mL de solução de carbonato de sódio 7,5 %, levou ao banho maria a 50 °C por 15 minutos e em seguida no banho de gelo por 30 segundos e leu no espectrofotômetro. O branco foi feito com solução de álcool etanol.

O cálculo para a concentração da amostra em relação a concentração de ácido gálico (mg/L), para isso utiliza a curva padrão de ácido gálico em diferentes concentrações e usa linearização da curva padrão na equação descrita, segundo a reta:  $Y = aX + b$ , onde: Y – absorbância do padrão, X – concentração do padrão, a – coeficiente angular, b – coeficiente linear.

$$\text{Abs amostra final} = \text{abs da amostra medido} - \text{abs branco} \quad [4.5]$$

Para relacionar com a absorvância da amostra usa a curva padrão e a seguinte formula:

$$\text{Concentração da amostra} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{\text{Abs amostra final} - b}{a} \quad [4.6]$$

$$\text{Fenólicos Totais} (\text{mg eq. de ác. gálico} * 100\text{g}^{-1}) = C * \left( \frac{D}{m} \right) * 100 \quad [4.7]$$

Onde:

C é a concentração de ácido gálico na solução de amostra (mg/L)

D é a diluição da amostra, em litros

m é a massa da amostra utilizada na extração, expressa em gramas

#### 4.8.2. Capacidade Antioxidante em Trolox Equivalente (TEAC)

A metodologia proposta por Re *et al.*, (1999) e Rufino *et al.* (2007) foi utilizada para medir a atividade antioxidante dos extratos etanólicos pela redução do radical ABTS<sup>+</sup>, a coloração vai de verde escuro até verde claro e a leitura é feita em 734 nm.

A fim de preparar este radical oxidado, uma solução de ABTS (ácido 2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) diamônio) 7 mM foi oxidada com 0,0384 g de persulfato de potássio em 10 mL. No momento da análise, 1 mL dessa solução foi diluída em etanol em um balão de 100 mL, esta leitura no espectrômetro entre 0,680 e 0,720 nm, essa medida é denominada abs controle.

Primeiro foi feita a leitura da curva padrão, onde são feitas nas concentrações 320, 599, 799, 999, 1199, 1998 µmol de trolox. Para as leituras da curva padrão e das amostras são medidos 30 µL de amostra e 3 mL da solução de ABTS<sup>+</sup> são adicionados em cada tudo após a adição do radical são contados 6 minutos até a leitura no espectrofotômetro. As amostras são realizadas em bateladas devido ao tempo de leitura, para cada batelada é feito um branco que é 30 µL de etanol 95% e 3 mL da solução de ABTS<sup>+</sup>.

$$\Delta \text{ abs} = \text{abs controle} - \text{abs da amostra}$$

$$\text{Curva padrão: } Y = a * X + b$$

$$\text{mmol trolox equivalente} = \frac{\Delta \text{ abs} - b}{a} * \text{diluição da amostra}$$

$$\text{At. antioxidante (mmol Trolox/g de amostra)} = \text{mmol de Trolox} / \text{concentração da amostra}$$

Onde:

a é o coeficiente angular da curva

Y é absorvância da solução padrão

b é o coeficiente linear

X é a concentração do padrão

[trolox]- é a concentração de trolox

#### **4.8.3. Avaliação da adição de extrato fenólico na estabilidade oxidativa em óleo de maracujá**

Os extratos obtidos com a solução etanol/água 70:30, a partir das sementes de maracujá desengorduradas de *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila*, foram selecionados para estabilização dos óleos de cada espécie, respectivamente. Para manter as propriedades bioativas, o solvente foi removido por convecção forçada com ar a 21 °C.

Os extratos secos foram adicionados em uma proporção de 10 % massa/massa aos óleos de sementes de maracujá. A seguir, as amostras foram transferidas para um tubo de reação do Rancimat, e as análises foram realizadas em duplicata nas condições propostas pelo manual do fabricante: (110 °C e vazão de ar de 10 L/h).

### **4.9. Análise estatística**

#### **4.9.1. Análise estatística da curva de secagem**

A triplicata da curva foi analisada pelo Statistica® v 13.0 foi utilizada uma aproximação não linear de Gauss-Newton.

#### **4.9.2. Análise estatística dos extratos fenólicos e o extrato no óleo de maracujá**

As análises estatísticas dos extratos e do extraído adicionado ao óleo foram usadas análise de variância (ANOVA) e o teste de Fisher.

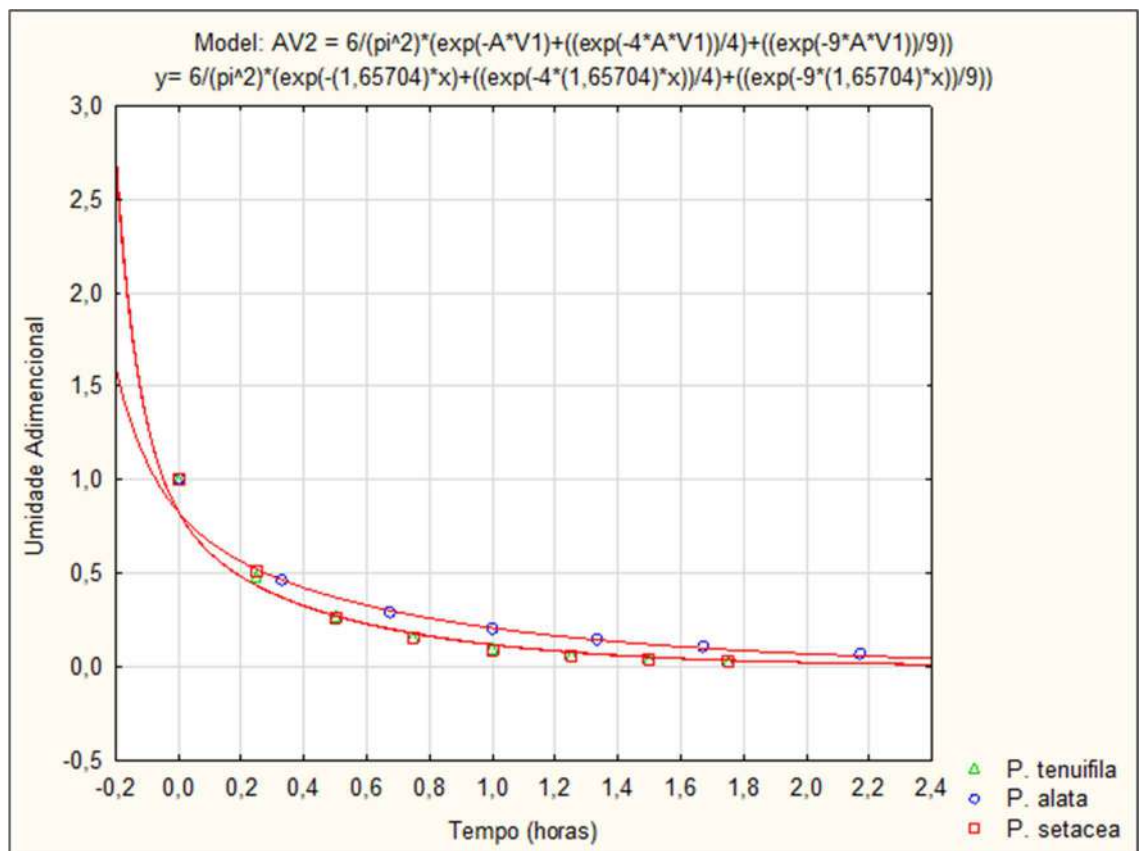


## 5. Resultados

### 5.1. Cinética de Secagem

Na Figura 6 apresenta-se os pontos experimentais dos ensaios de secagem das sementes de maracujá *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila* bem como a curva de ajuste dos dados à segunda Lei de Fick, obtida usando-se o software STATISTICA 13.0. O parâmetro do ajuste (A) e o coeficiente de difusão efetivo estão ilustrados na Tabela 4.

Figura 6: Curva de secagem das três espécies de maracujá



$$A = \frac{\pi^2}{R^2} Def \rightarrow Def = \frac{AR^2}{\pi^2} \quad [4.4]$$

Tabela 4: Coeficiente de difusão efetivo durante o transporte de massa no processo de secagem das sementes de maracujá

	Raio (cm)	Parâmetro A (h <sup>-1</sup> )	Parâmetro A (s <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>4</sup>	Def (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>10</sup>	R <sup>2</sup>
<b>P. alata</b>	0,19	1,09	3,02	1,14	0,98
<b>P. setacea</b>	0,13	1,64	4,56	0,82	0,98
<b>P. tenuifila</b>	0,13	1,66	4,60	0,83	0,98

Os coeficientes de difusão estimado variou de  $0,81 \cdot 10^{-10}$  a  $1,14 \cdot 10^{-10} \text{m/s}^2$ . O valor obtido para *P. alata* foi superior aos das demais espécies ( $0,83 \cdot 10^{-4}$ ). A partir da equação de ajuste foi possível estimar o tempo de secagem das sementes para se atingir umidade entre 10% e 15%.

Silva *et al.*, (2014) pesquisou grão de guandu e encontrou um coeficiente de difusão de  $2,1 \times 10^{-10}$  a 40 °C,  $3,3 \times 10^{-10}$  a 50 °C e 4,6 a 60 °C, os resultados encontrados para a semente de maracujá estão dentro do esperado, pois o coeficiente de difusão pode mudar de acordo com a temperatura.

## 5.2. Eficiência de Prensagem

A eficiência do processo de extração contínua do óleo por prensagem das sementes, calculada pela relação entre a massa de óleo recuperada e a massa de óleo contida na amostra, ficaram entre 60% e 70% como mostrado na Tabela 5. A porcentagem de óleo da semente seca baseado nos balanços de massa foi de 19%, 16% e 23% para *P. alata*, *P. setacea* e *P. tenuifila*, respectivamente. De Paula, encontrou um teor de lipídios por Soxhlet para *P. alata* de 22,5% e *P. setacea* de 32,2%, essa diferença pode ser pela sazonalidade. Este resultado é típico do processo de prensagem de sementes ricas em lignina e com teor de lipídeos inferior a 30%. Não houve diferença estatística entre os resultados obtidos para *P. alata* e *P. tenuifila*. Entretanto o rendimento de extração para *P. setacea* foi menor indicando, possivelmente, maior teor de lignina na amostra. Para melhorar a eficiência pode-se prensar a torta obtida no primeiro ciclo sob aquecimento a 50 °C.

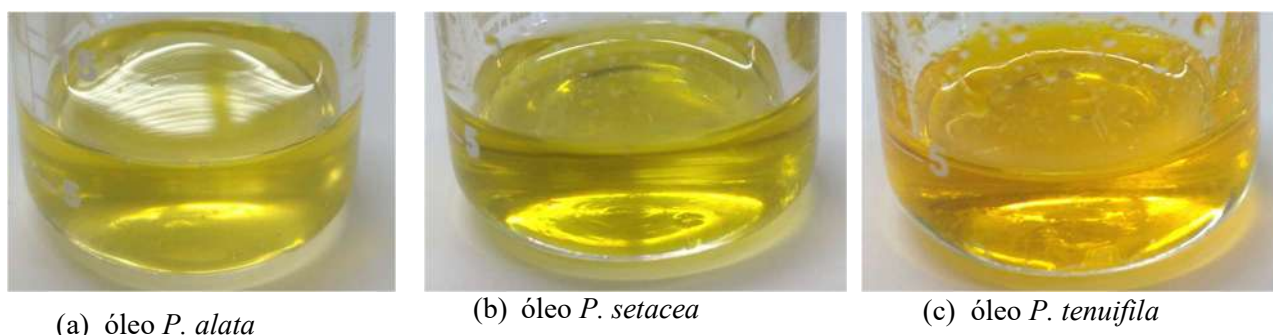
Tabela 5: Eficiência da extração por prensagem

Amostra	Eficiência da prensagem (%)
<i>P. alata</i>	67%
<i>P. setacea</i>	57%
<i>P. tenuifila</i>	63%

### 5.1. Resultados do óleo

A Figura 7 ilustra, para fins comparativos, a aparência visual dos óleos prensados obtidos a partir das *Passifloras alata*, *setacea* e *tenuifila*. Pode-se observar nitidamente que o óleo de *P. alata* apresentou menor intensidade de amarelo que os demais. Por sua vez o óleo de *tenuifila* se caracteriza por uma cor amarelo acentuada. Isto ocorre pois o perfil e teor de pigmentos são diferentes entre as espécies estudadas. Dado que a presença de tocoferol aumenta a intensidade do amarelo em extratos lipídicos. Este resultado deve ser futuramente confirmado pela análise de identificação dos pigmentos usando-se a técnica de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

Figura 7: Óleos prensados a partir das sementes de maracujá do cerrado



O tempo de indução encontrado para os óleos das espécies *P. setacea* e *P. tenuifila* foi de 7,32 e 6,87 horas o que é esperado para óleo de semente de maracujá. Entretanto, a espécie *P. alata* apresentou um tempo de indução 50% menor (3,52 horas) (Tabela 6). Este resultado pode ser explicado pela menor proporção de oleico e maior do linoleico no óleo de *P. tenuifila*. Sabe-se que o ácido linoleico é 40 vezes mais instável do que o oleico, diminuindo assim a estabilidade do óleo. De Paula, (2015) encontrou um tempo de 6,15 horas para o *P. alata* e 7,15 horas para o *P. setacea*. Malacrida e Jorge, (2012) encontraram para espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* um tempo de 7,89 horas. A amostra que apresentou melhor capacidade antioxidante foi aquele obtido da *P. setacea*, seguido do *P. alata* e *P. tenuifila*.

Tabela 6: Tempo de indução em Rancimat dos óleos de semente de maracujá e porcentagem da inibição do DPPH

Amostra	Tempo de indução (h)	Inibição do DPPH* (%)
<i>P. alata</i>	3,52	43
<i>P. setacea</i>	7,32	53
<i>P. tenuifila</i>	6,87	24

## 5.2. Quantificação e capacidade antioxidante do extrato etanólico obtido a partir da torta de prensagem

A extração dos compostos funcionais usando soluções etanol água em diferentes proporções, mostrou-se mais eficiente na remoção dos fenólicos totais e na capacidade antioxidante quando a solução extratora continha 70% de etanol. Nesta condição a torta resultante da prensagem de *P. setacea* apresentou melhor resultado para fenólicos totais e capacidade antioxidante, se comparado as outras espécies. Como ilustrado nas Tabela 7, 8 e 9, a capacidade antioxidante do extrato obtido partir da torta de *P. setacea* foi 3 vezes maior que a do extrato obtido da torta do *P. alata* e 2 vezes maior do que o da *P. tenuifila* para os fenólicos totais. Este resultado apresentou uma forte correlação positiva ( $R = 0,97$ ) com a atividade antioxidante uma vez que os resultados para a capacidade antioxidante do *P. alata* foi 2 vezes menor e o do *P. tenuifila* foi 1,8 vezes menor que o *P. setacea*, respectivamente.

Segundo Vasco et al. (2008) os extratos etanólicos obtidos, neste trabalho, da torta de *P. alata* e *P. tenuifila* podem ser consideradas com média quantidade de fenólicos enquanto no caso da torta de *P. setacea*, o extrato obtido nas razões 50% e 70% etanol água são considerados com altas quantidades de fenólicos.

Santana, (2015) encontrou maiores valores de teor de fenólicos nas sementes de maracujá, isso pode ter acontecido pela diferença de temperatura na extração que foi de 80 °C e nesse trabalho foi de 45 °C.

Tabela 7: Fenólicos totais e TEAC da extração etanólica com diferentes concentrações de álcool da torta *P. alata*

Amostra	Razão etanol:água	Fenólicos totais (mg equivalente de ácido gálico/ 100 g de amostra)	TEAC (mmol de Trolox/ g de amostra)
<i>P. alata</i>	30% etanol	293,5 <sup>c</sup>	242,96 <sup>b</sup>
	50% etanol	477,2 <sup>b</sup>	568,24 <sup>a</sup>
	70% etanol	596,9 <sup>a</sup>	670,19 <sup>a</sup>

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade, pelo teste LSD.

Tabela 8: Fenólicos totais e TEAC da extração etanólica com diferentes concentrações de álcool da torta *P. setacea*

Amostra	Razão etanol:água	Fenólicos totais (mg equivalente de ácido gálico/ 100 g de amostra)	TEAC (mmol de Trolox/ g de amostra)
<i>P. setacea</i>	30% etanol	220,5 <sup>c</sup>	200,03 <sup>c</sup>
	50% etanol	1159,9 <sup>b</sup>	1032,64 <sup>b</sup>
	70% etanol	1814,4 <sup>a</sup>	1569,14 <sup>a</sup>

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade, pelo teste LSD.

Tabela 9: Fenólicos totais e TEAC da extração etanólica com diferentes concentrações de álcool da torta *P. tenuifila*

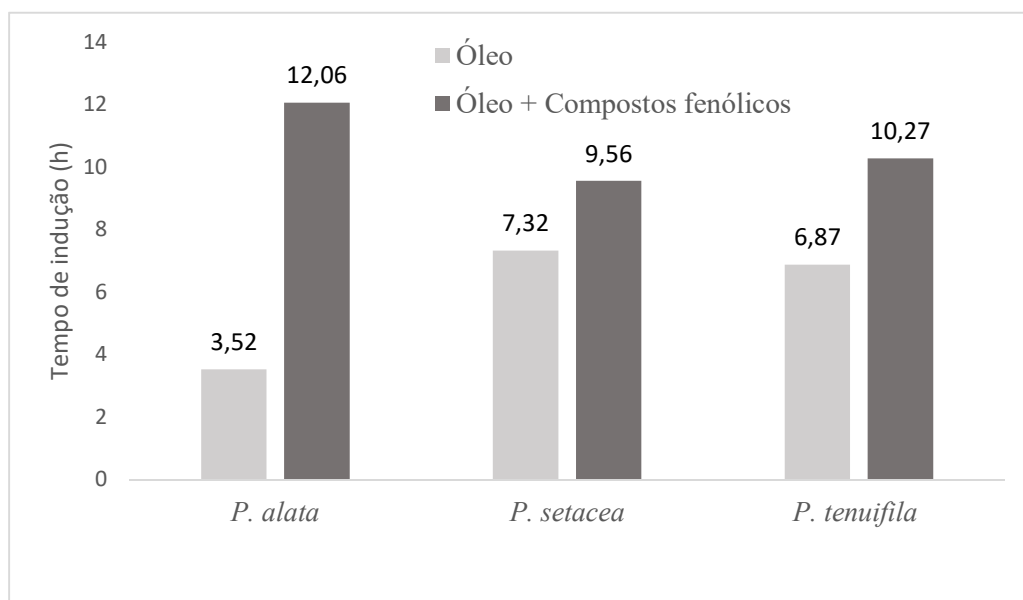
Amostra	Razão etanol:água	Fenólicos totais (mg equivalente de ácido gálico/ 100 g de amostra)	TEAC (mmol de Trolox/ g de amostra)
<i>P. tenuifila</i>	30% etanol	445,9 <sup>b</sup>	451,27 <sup>c</sup>
	50% etanol	886,7 <sup>a</sup>	739,88 <sup>b</sup>
	70% etanol	909,0 <sup>a</sup>	878,04 <sup>a</sup>

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem entre si a 95% de probabilidade, pelo teste LSD.

### 5.2.1. Adição de extrato no óleo

A adição de compostos fenólicos, obtidos a partir das tortas de prensagem na concentração de 10%, nos óleos correspondentes favoreceu a estabilidade oxidativa dos mesmos, com um aumento significativo ( $p < 0.05$ ) no tempo de indução, como ilustrado na Figura 8. O *P. alata* aumentou o tempo de indução do óleo com extrato em 3,4 vezes, enquanto o *P. setacea* teve um aumento de 1,3 e *P. tenuifila* um aumento de 1,5. Os extratos se mostraram eficientes como antioxidante natural para óleos prensados brutos. Estudos preliminares mostraram que o extrato etanólico da torta de prensagem aumentou o tempo de indução do óleo de soja, quando comparado com óleo puro.

Figura 8: Resultado da adição de 10% de extrato de cada espécie em seu próprio óleo



## 6. Conclusões

O rendimento de prensagem tem forte correlação com a umidade e teor de óleo da semente.

A *P. setacea* teve maior a inibição do radical DPPH e foi o óleo com maior tempo de indução indicando que os compostos que contribuem para a capacidade antioxidante têm correlação com a estabilidade oxidativa

Foi possível obter extratos ricos em compostos fenólicos a partir da torta de prensagem das sementes de maracujá usando-se soluções hidroalcoólicas, onde a razão etanol/água 70/30 foi a que proporcionou maior eficiência de extração, além de aumentar o teor de fenólicos com alta capacidade antioxidante.

Os extratos da torta utilizados na obtenção dos óleos de maracujás atuaram como antioxidante aumentando a estabilidade dos óleos brutos.

## Sugestões

- Testar diferentes porcentagens do extrato para otimizar aplicação destes na estabilização do óleo bruto
- Aplicar o extrato na estabilização de óleos comerciais, em particular o óleo de soja e diferentes óleos
- Verificar a economicidade do projeto

## Referência Bibliográfica

ADEBAYO, Adewale Williams; OGUNSINA, Babatunde S; GBADAMOSI, Olasunkanmi Saka. The effect of cold-pressing and solvent extraction on some characteristics of *kariya* (*Hildergadia barteri*) seed oil. *Nutrition & Food Science*, v. 45, n. 4, p. 625–633, 2015. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/NFS-05-2014-0048>>.

ANVISA. *RDC 23/2005*. . [S.l: s.n.]. , 2005

AYALA-ZAVALA, J. F. *et al.* Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, - Tem opções interessantes para os coprodutos como o uso aditivos, flavonoides, v. 44, n. 7, p. 1866–1874, 2011.

AYALA-ZAVALA, J.F. *et al.* Antioxidant Enrichment and Antimicrobial Protection of Fresh-Cut Fruits Using Their Own Byproducts: Looking for Integral Exploitation. - Aprobetamento dos residuo das proprias frutas para preservação, v. 75, n. 8, 2010.

BALASUNDRAM, Nagendran; SUNDRAM, Kalyana; SAMMAN, Samir. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, v. 99, n. 1, p. 191–203, 2006.

BANERJEE, Jhumur *et al.* Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. *Food Chemistry*, v. 225, p. 10–22, 2017.

BERES, Carolina *et al.* Towards integral utilization of grape pomace from winemaking process: A review. *Waste Management*, v. 68, p. 581–594, 2017.

BERNACCI, Luís Carlos; MELETTI, Laura Maria Molina; SOARES-SCOTT, Marta Dias. Maracujá-doce: o autor, a obra e a data da publicação de *Passiflora alata* (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 2, p. 355–356, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452003000200046&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452003000200046&lng=pt&tlng=pt)>.

BOCKISCH, Michael. *Fats and Oils Handbook*. 1. ed. [S.l: s.n.], 1998.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. p. 1–13, 2010.



CAMPOS, Débora *et al.* Characterization and antimicrobial properties of food packaging methylcellulose films containing stem extract of Ginja cherry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 94, n. 10, p. 2097–2103, 2014.

CERRADOS, Embrapa. *Maracujá doce*. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4126/maracuja-doce---brs-mel-do-cerrado-brs-mc>>. Acesso em: 7 mar. 2018.

CERRADOS, Embrapa. *REDE PASSITEC Desenvolvimento tecnológico para uso funcional das passifloras silvestres*. . [S.l.: s.n.]. , 2010

CHAMORRO, Susana *et al.* Changes in polyphenolic content and antioxidant activity after thermal treatments of grape seed extract and grape pomace. *European Food Research and Technology*, v. 234, n. 1, p. 147–155, 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00217-011-1621-7>>.

COLOMEU, T. C. *et al.* Antioxidant and anti-diabetic potential of *Passiflora alata* Curtis aqueous leaves extract in type 1 diabetes mellitus (NOD-mice). *International Immunopharmacology*, -Folhas P.alata, v. 18, n. 1, p. 106–115, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.intimp.2013.11.005>>.

COSTA, Ana Maria *et al.* Produção de Mudanças de Maracujazeiro Silvestre (*Passiflora setacea*). p. 1–5, 2015.

COSTA, C.J.; SIMÕES, C.O.; COSTA, A.M. *Cultivar de maracujazeiro silvestre com quádrupa aptidão: consumo in natura, processamento industrial, ornamental e funcional*. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/publico/usuarios/uploads/lancamentoperola/foldertecnico.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2018. a

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. *Espécies de maracujazeiro*. . [S.l.]: In: LIMA, A. A. (Ed.). *Maracujá Produção: Aspectos Técnicos*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 104p. (Frutas do Brasil; 15). , 2002

DA SILVA, Ana Carolina; JORGE, Neuza. Bioactive compounds of the lipid fractions of agro-industrial waste. *Food Research International*, v. 66, p. 493–500, 2014.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. *Química de Alimentos Fennema*. 4. ed. [S.l: s.n.], 2008.

DE PAULA, REGINA CASSIA MATTOS. *ÓLEO DE SEMENTE DE MARACUJÁ (Passiflora setacea BRS Pérola do Cerrado e Passiflora alata BRS Doce Mel): PROPRIEDADES QUÍMICAS E EFEITO DO PROCESSAMENTO NO PERFIL DECOMPOSTOS VOLÁTEIS*. 2015. 111 f. 2015.

DE SANTANA, Fernanda C.arvalho *et al.* Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Brazilian Passiflora Seed Oils. *Journal of food science*, v. 80, n. 12, p. C2647–C2654, 2015.

DELFIN-HOSSEINI, Sasan *et al.* Effect of extraction process on composition, oxidative stability and rheological properties of purslane seed oil. *Food Chemistry*, v. 222, p. 61–66, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.150>>.

DUBOIS, Virginie *et al.* Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 109, n. 7, p. 710–732, 2007.

FELLOWS, P. J. *Tecnologia do Processamento de alimentos - Princípios e Prática*. 2. ed. [S.l.]: artmed, 2006.

FERRARI, Roseli A; HECK, Cláudienne G.; SILVA, Ivan N. Medeiros Da. Determinação da estabilidade oxidativa do óleo de semente de maracujá amarelo ( *Passiflora edulis* ). p. 83–85, 2006.

FRANCO, M. R. B. *Aroma e sabor de alimentos: temas atuais*. São Paulo: [s.n.], 2003.

GEORGÉ, Stephane *et al.* Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 5, p. 1370–1373, 2005.

GUNSTONE, Frank D. *The Chemistry of Oils and Fats Souces, Composition, Properties and Uses*. [S.l: s.n.], 2004.

GUSTAVSSON, Jenny; CEDERBERG, Christel; SONESSON, Ulf. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention Congress, International*. . [S.l: s.n.], 2011.m

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Produção Agrícola Municipal: Culturas temporárias e permanentes*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?&t=resultados>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

IGNAT, Ioana; VOLF, Irina; POPA, Valentin I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *International Journal of ChemTech Research*, v. 3, n. 3, p. 1033–1036, 2011.

JAY, James M. *Microbiologia de alimentos*. 6. ed. [S.l.]: artmed, 2005.

KOLAKOWSKA, Anna. Lipid Oxidation in Food Systems. In: SIKORSKI, ZDZISLAW E.; KOLAKOWSKA, ANNA (Org.). . *Chemical and Functional Properties of Foos Lipids*. [S.l: s.n.], 2003. .

MALACRIDA, Cassia Roberta; JORGE, Neuza. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): Physical and chemical characteristics. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, \*Suely mandou para a revisão, v. 55, n. 1, p. 127–134, 2012.

MAMEDE, Alexandra Mara Goulart Nunes *et al*. CARACTERIZAÇÃO DAS PASSIFLORAS SILVESTRES DO CERRADO BRASILEIRO A PARTIR DO SEU PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS. 2017.

MATSUI, Yuko *et al*. Extract of passion fruit (*Passiflora edulis*) seed containing high amounts of piceatannol inhibits melanogenesis and promotes collagen synthesis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 20, p. 11112–11118, 2010.

MCCABE, Warren L.; SMITH, Julian C.; HARRIOTT, Peter. *Unit Operations of Chemical Engineering*. 5. ed. [S.l: s.n.], 1993.

MIRABELLA, Nadia; CASTELLANI, Valentina; SALA, Serenella. Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review. *Journal of Cleaner Production*, v.

65, p. 28–41, 2014.

NACZK, Marian; SHAHIDI, Fereidoon. Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, v. 1054, n. 1–2, p. 95–111, 2004.

NOGUEIRA, P. C. L. *Contribuição à química dos compostos voláteis e interações com os organismos receptores*. 2002. Univ. Est. de Campinas, 2002.

O'BRIEN, Richard D. *Fats and Oils : formulating and processing for applications*. 2. ed. [S.l: s.n.], 2003.

PAULA, R.C.M. De; SOARES, A.G.; FREITAS, S.P. Volatile compounds in passion fruit seed oil (*Passiflora setacea* BRS Pérola do Cerrado and *Passiflora alata* BRS Doce Mel). *Chemical Engineering Transactions*, v. 44, n. April 2015, p. 103–108, 2015.

PEREIRA, Rita de Cassia Alves; SILVEIRA, Marcia Regia Souza Da; COSTA, Ana Maria. Maracujá Silvestre (*Passiflora tenuifila* Killip): Aspectos Agronômicos e Características dos Frutos. p. 1–5, 2012.

RE, ROBERTA *et al.* Antioxidant Activity Applying an Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay. v. 26, n. 98, p. 1231–1237, 1999.

REIS, Gabriel M. *et al.* *Vitis vinifera* L. cv Pinot noir pomace and lees as potential sources of bioactive compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, \*Suely mndou para revisão, v. 67, n. 7, p. 789–796, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09637486.2016.1204595>>.

REISCHE, David W.; LILLARD, Dorris A.; EITENMILLER, Ronald R. Antioxidants. In: AKOH, CASIMIR C.; MIN, DAVID B. (Org.). *Food lipids : chemistry, nutrition, and biotechnology*. 3. ed. [S.l: s.n.], 2008. .

RUFINO, Maria do Socorro Moura; ALVES, Ricardo Elesbão; BRITO, Edy Souza De; MORAIS, Selene Maia De; SAMPAIO, Caroline de Goes; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; CALIXTO, Fulgencio Diego Saura. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, v. 23, n. 2, p. 1–4, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.02.006>><http://linkinghub.elsevier.com/retriev>

e/pii/S0023643895800085%5Cnhttp://www.cnpat.embrapa.br/download\_publicacao.php?id=209%0Ahttp://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415324A009>.

RUFINO, Maria do Socorro Moura; ALVES, Ricardo Elesbão; BRITO, Edy Sousa De; MORAIS, Selene Maia De; SAMPAIO, Caroline de Goes; PÉREZ-JIMÉNEZ, Jara; SAURA-CALIXTO, Fulgencio Diego. *Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. Norma Aprovada*. [S.l.: s.n.], 2007. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.02.006%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643895800085%5Cnhttp://www.cnpat.embrapa.br/download\\_publicacao.php?id=209](http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.02.006%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643895800085%5Cnhttp://www.cnpat.embrapa.br/download_publicacao.php?id=209)>.

SANO, Shoko *et al.* Identification of the strong vasorelaxing substance scirpusin B, a dimer of piceatannol, from passion fruit (*Passiflora edulis*) seed..pdf. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, p. 6209–6213, 2011.

SANTANA, Fernanda Carvalho De. *Avaliação dos compostos bioativos presentes na semente de Passiflora spp. e sua influência sobre marcadores bioquímicos, oxidativos e inflamatórios de camundongos submetidos à dieta hiperlipídica* Fernanda. 2015. 180 f. 2015.

SANTANA, Isabelle *et al.* Avocado (*Persea americana* Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, v. 117, n. 7, p. 999–1007, 2015.

SILVA, Luzia Marcia de Melo *et al.* Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu Prediction models of kinetic drying of pigeon pea grains. p. 310–318, 2014.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, v. v.16, p. p.144-168, 1965.

UCHIDA-MARUKI, Hiroko *et al.* Piceatannol Lowers the Blood Glucose Level in Diabetic Mice. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, v. 38, n. 4, p. 629–633, 2015. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/bpb/38/4/38\\_b15-00009/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/bpb/38/4/38_b15-00009/_article)>.

VASCO, Catalina; RUALES, Jenny; KAMAL-ELDIN, Afaf. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, -

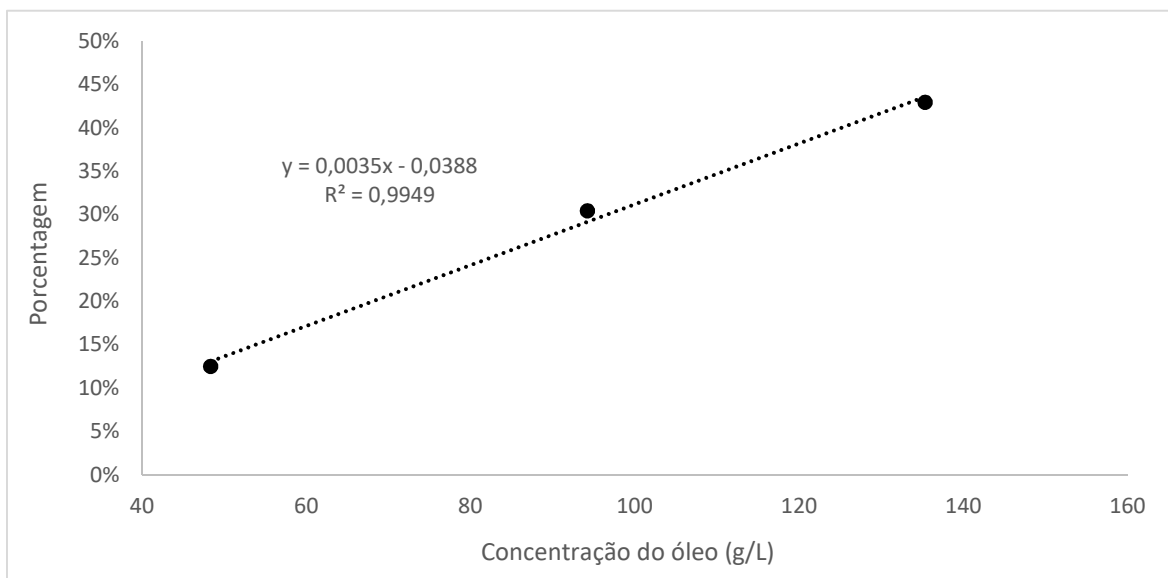
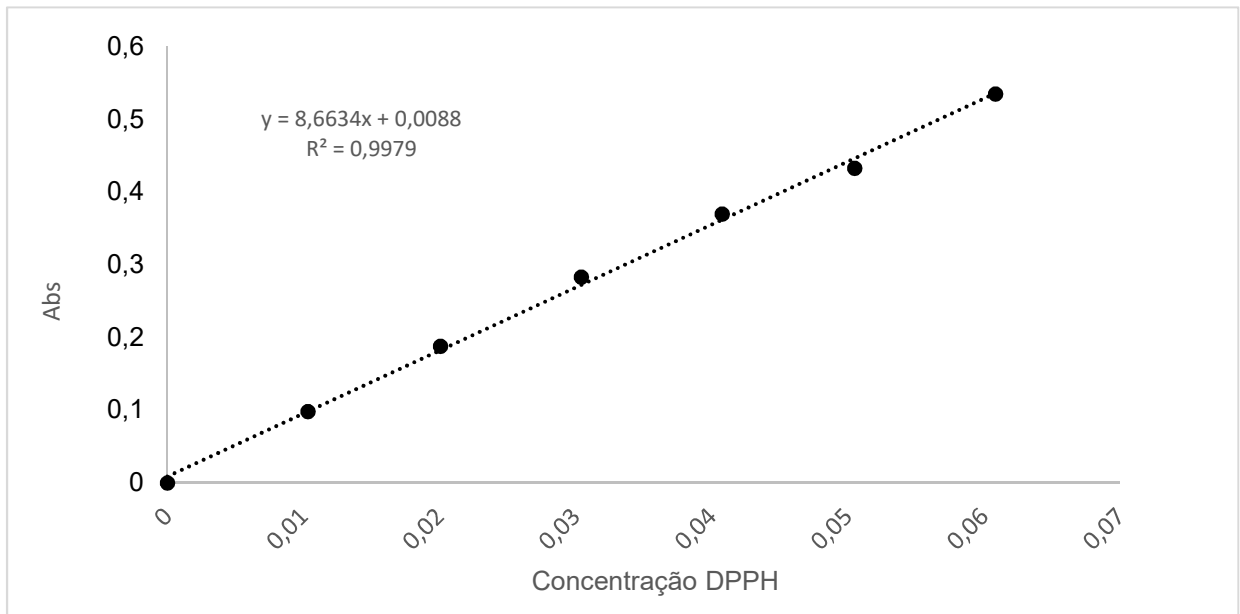
Maracujá banana, v. 111, n. 4, p. 816–823, 2008.

YANG, Yong *et al.* Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*, v. 80, p. 141–147, 2016.

YILMAZ, Emin; GÜNEŞER, Buket Aydeniz. Cold pressed versus solvent extracted lemon (*Citrus limon* L.) seed oils: yield and properties. *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, n. 7, p. 1891–1900, 2017.

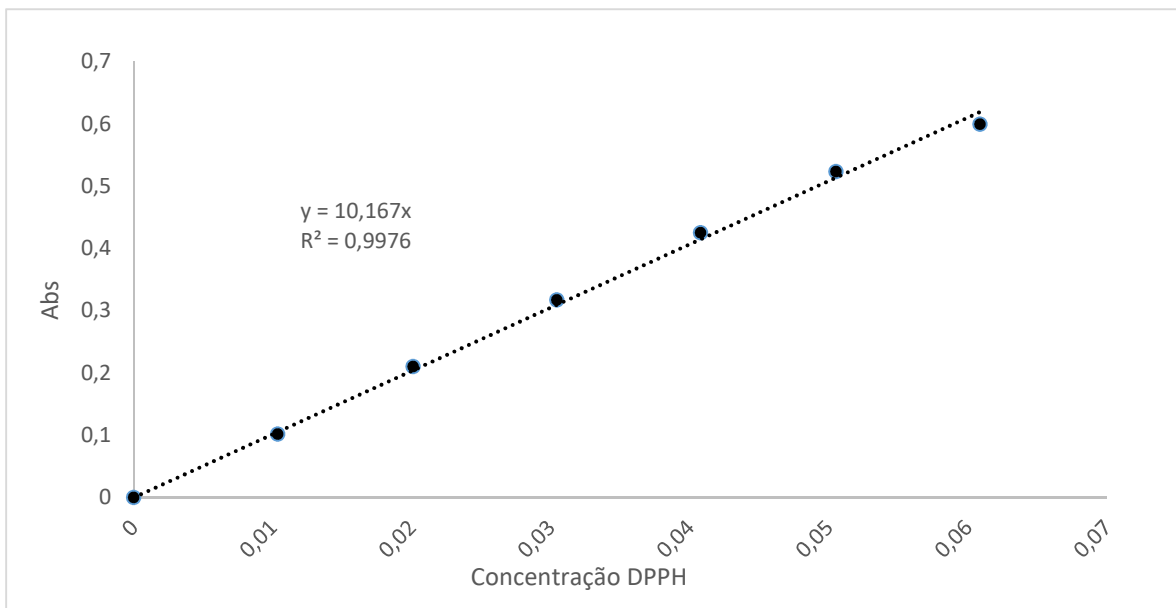
## Anexos

### Curva padrão DPPH e porcentagem de inibição

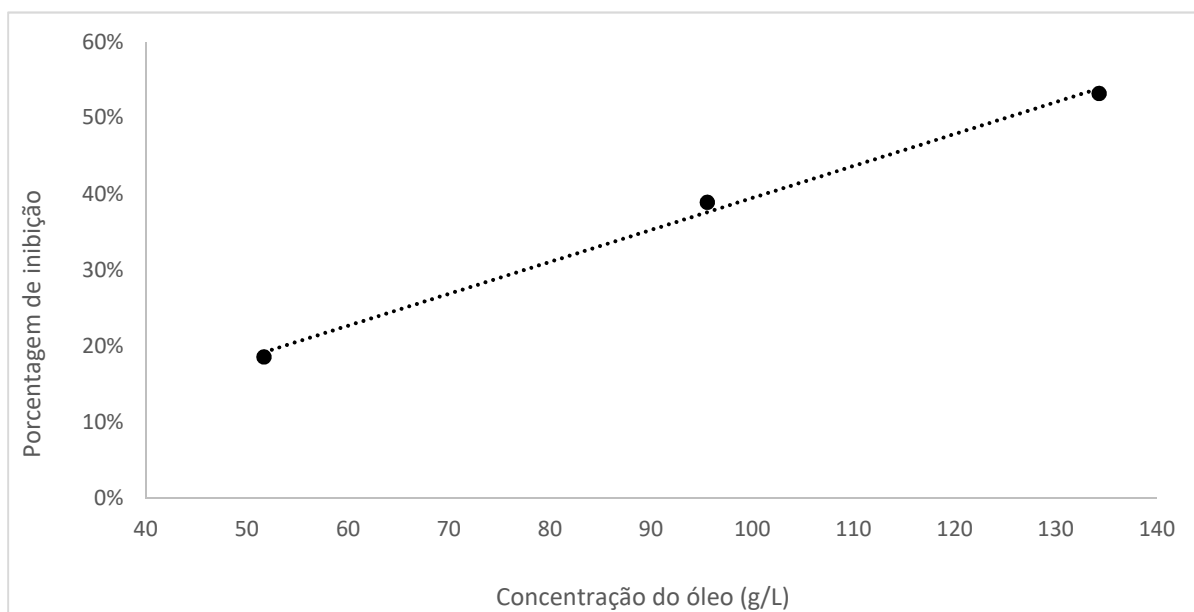


A) Curva padrão DPPH para o óleo da cultivar *P. alata*

B) Curva de inibição do DPPH em porcentagem para o óleo da cultivar *P. alata* no tempo de 60 minutos

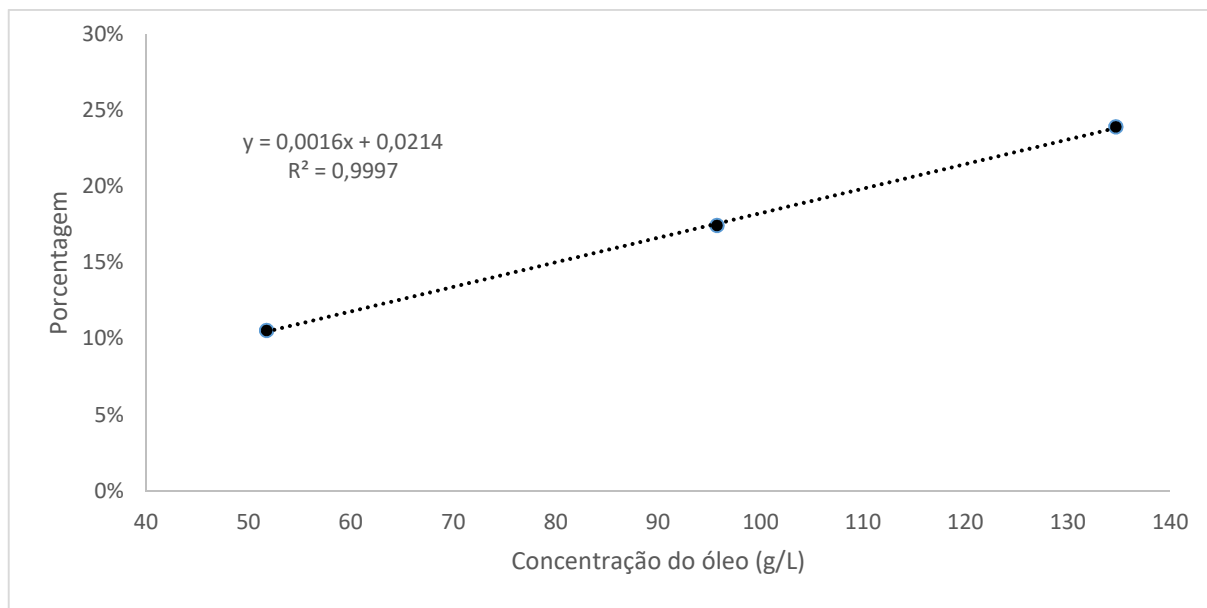


Curva Padrão DPPH para os óleos da cultivar *P. setacea* e *P. tenuifila*



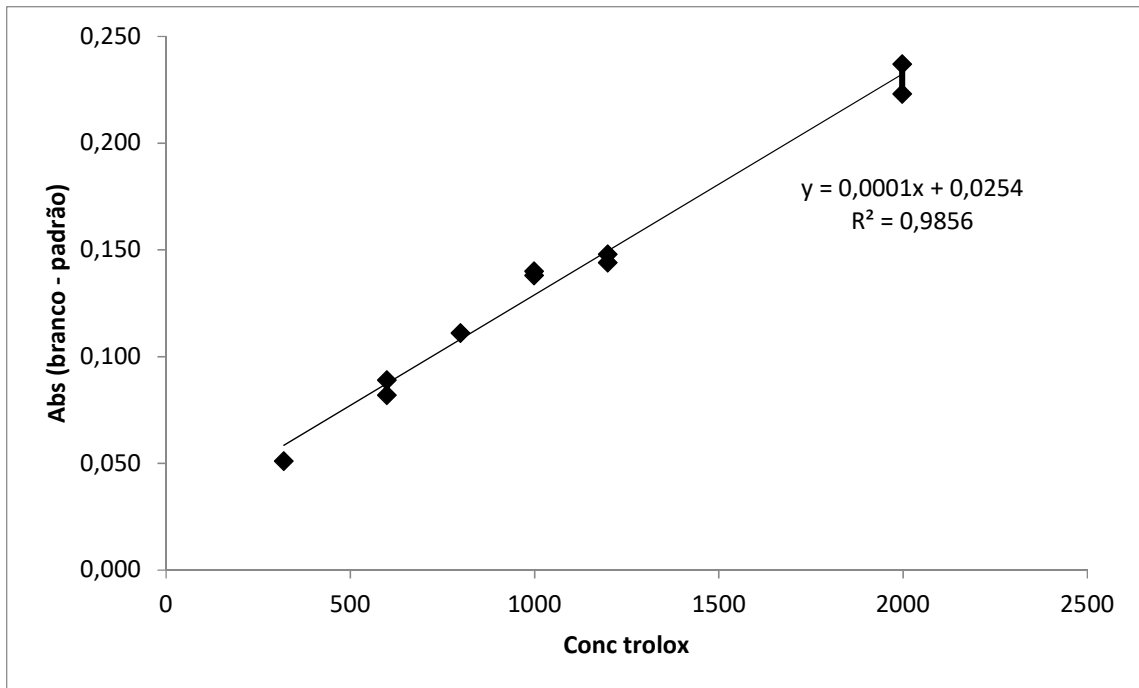
Curva de inibição do DPPH em porcentagem para o óleo da cultivar *P. setacea* no tempo de 60 minutos



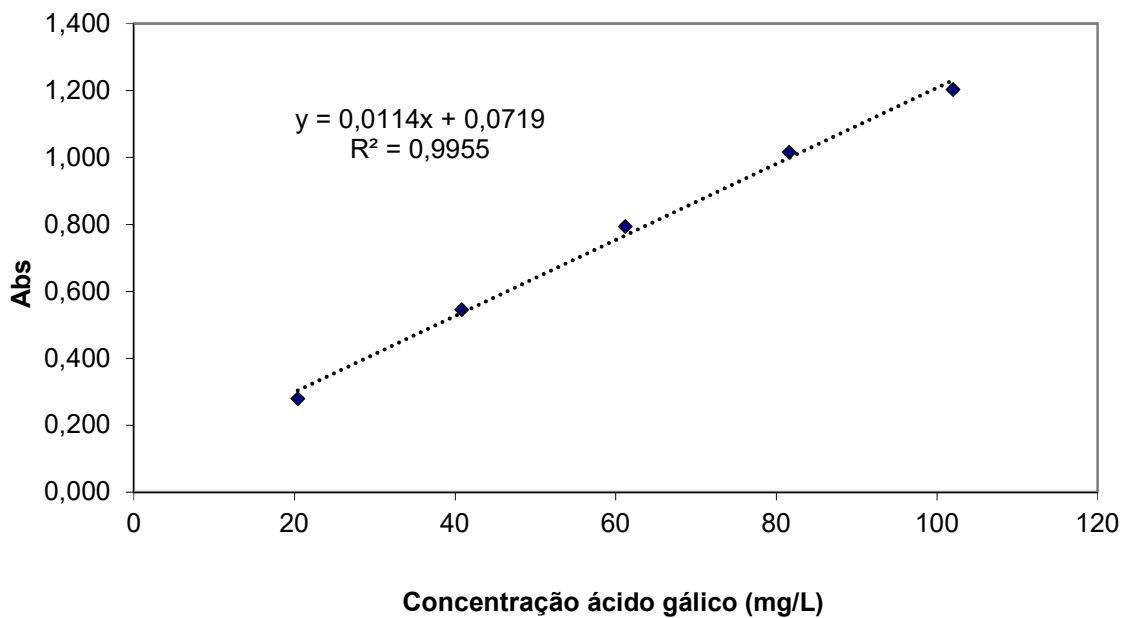


Curva de inibição do DPPH em porcentagem para o óleo da cultivar *P. tenuifila* no tempo de 60 minutos.

### Curva padrão teor de fenólicos totais

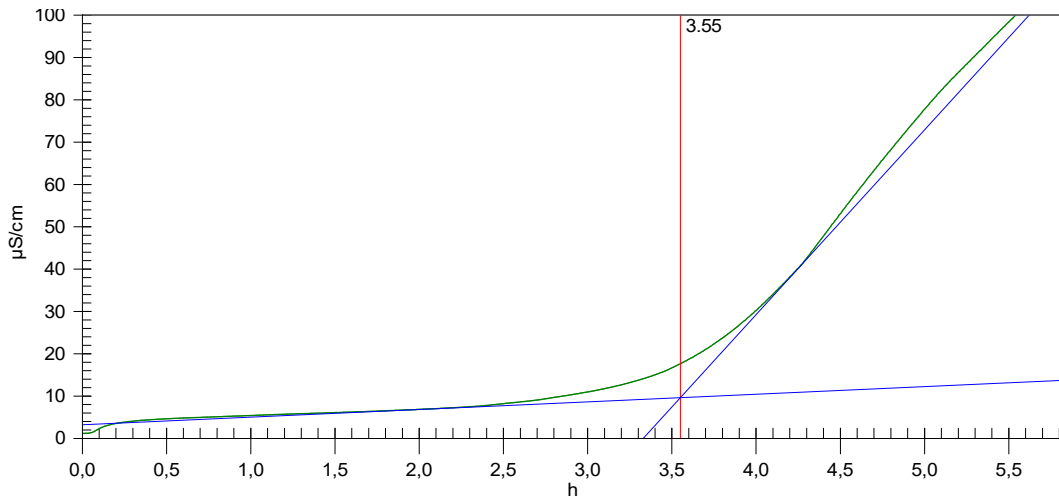


### Curva padrão teor de fenólicos totais para a cultivar *P. Alata*

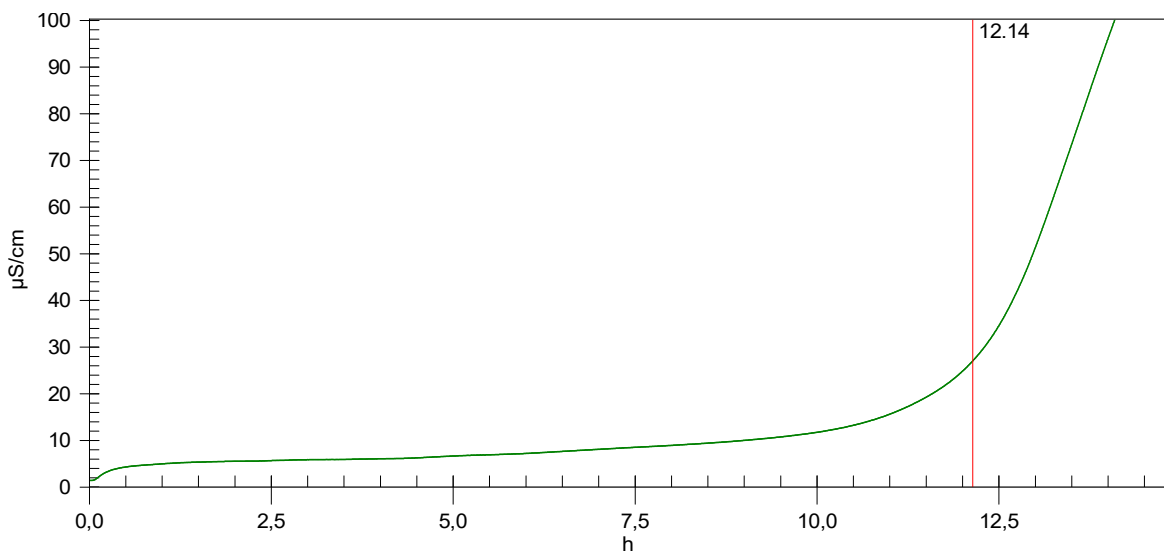


### Curva padrão teor de fenólicos totais para as cultivar *P. Setacea* e *T tenuifila*

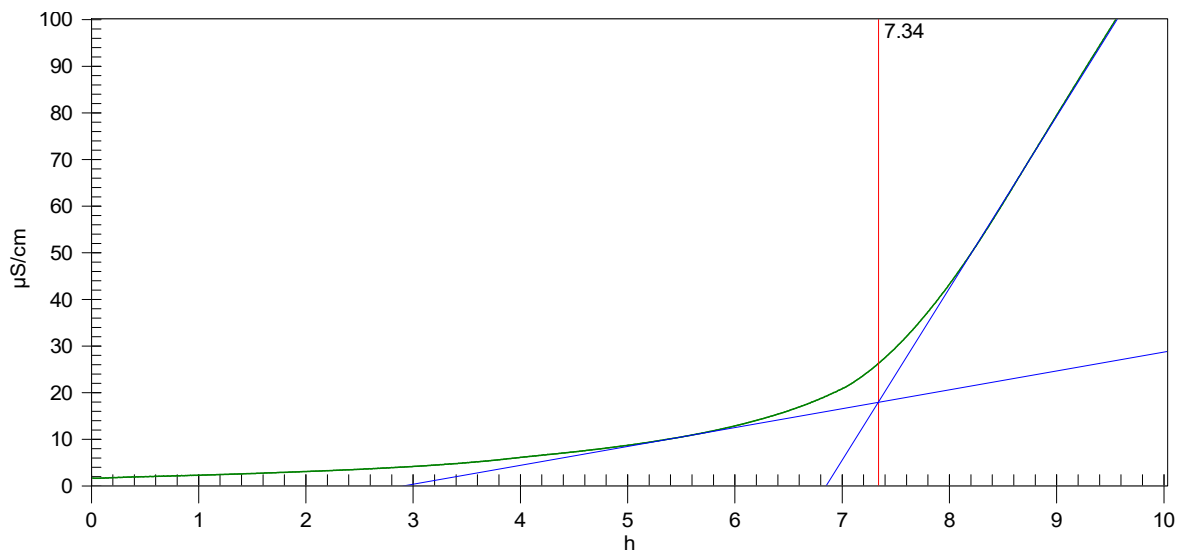
## Curva do tempo de indução dos óleos de semente de maracujá em Rancimat



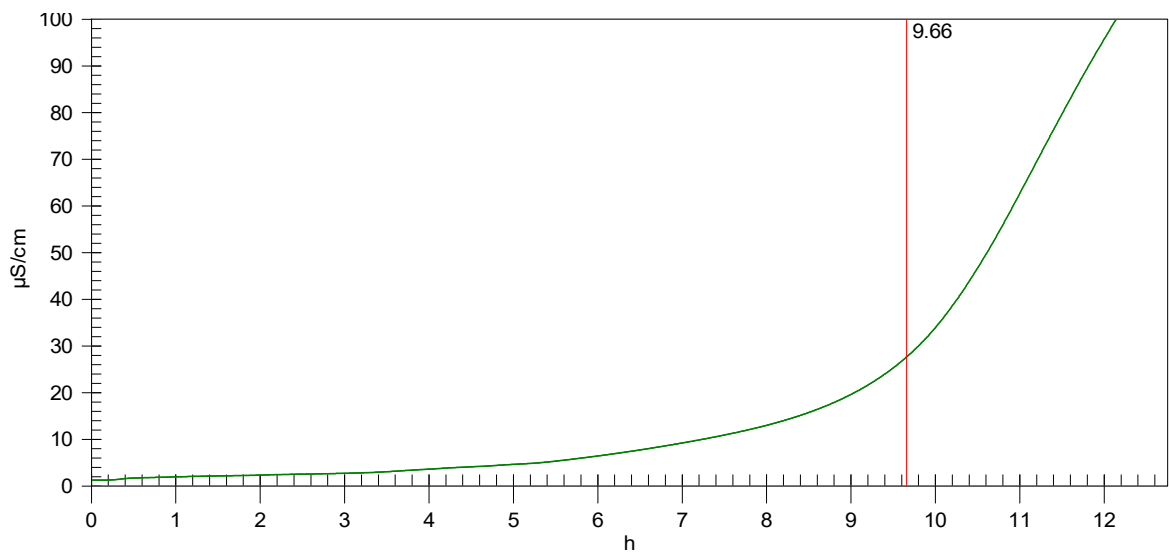
Tempo de indução do óleo da *P. alata*



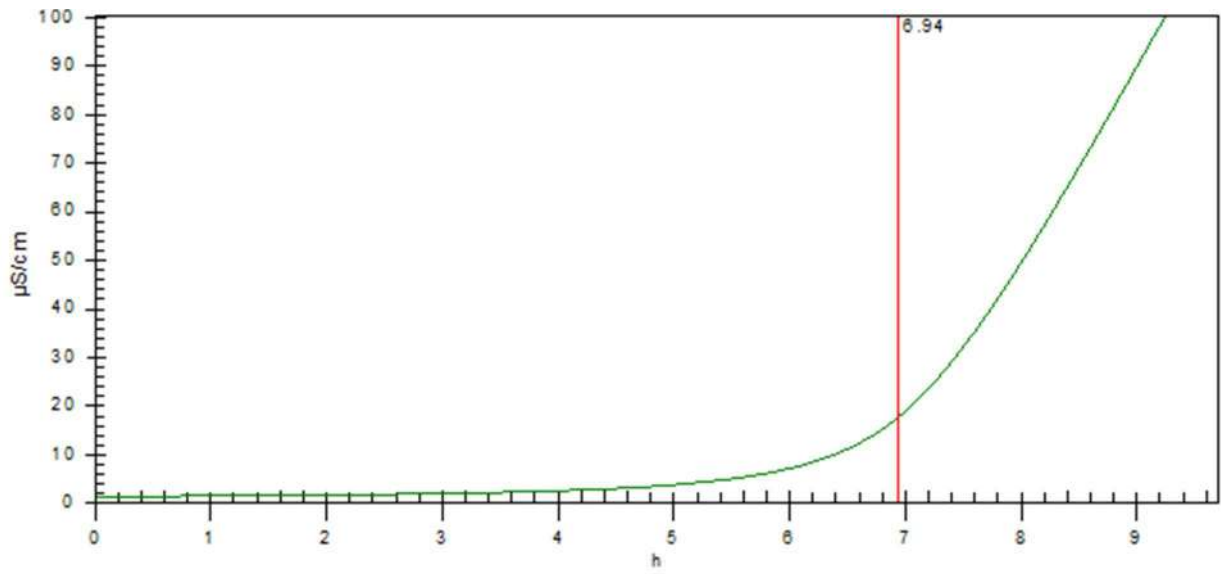
Tempo de indução do óleo *P. alata* adicionado de extrato hidroeetanolico extraído da torta



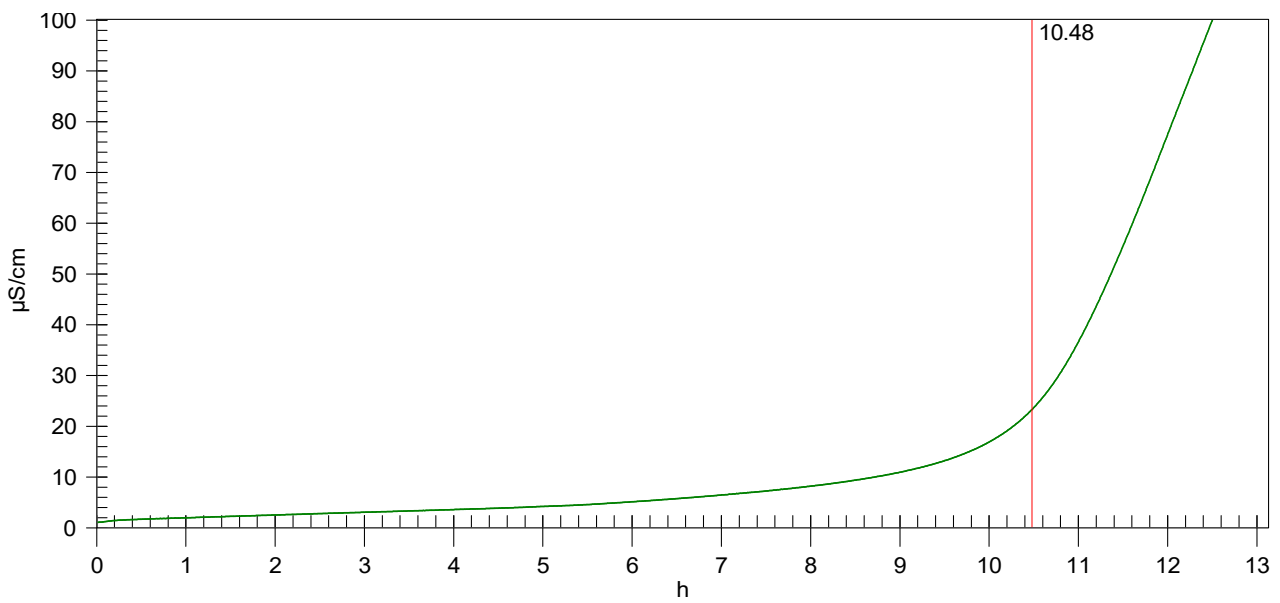
Tempo de indução do óleo da *P. setacea*



Tempo de indução do óleo *P. alata* adicionado de extrato hidroetanólico extraído da torta

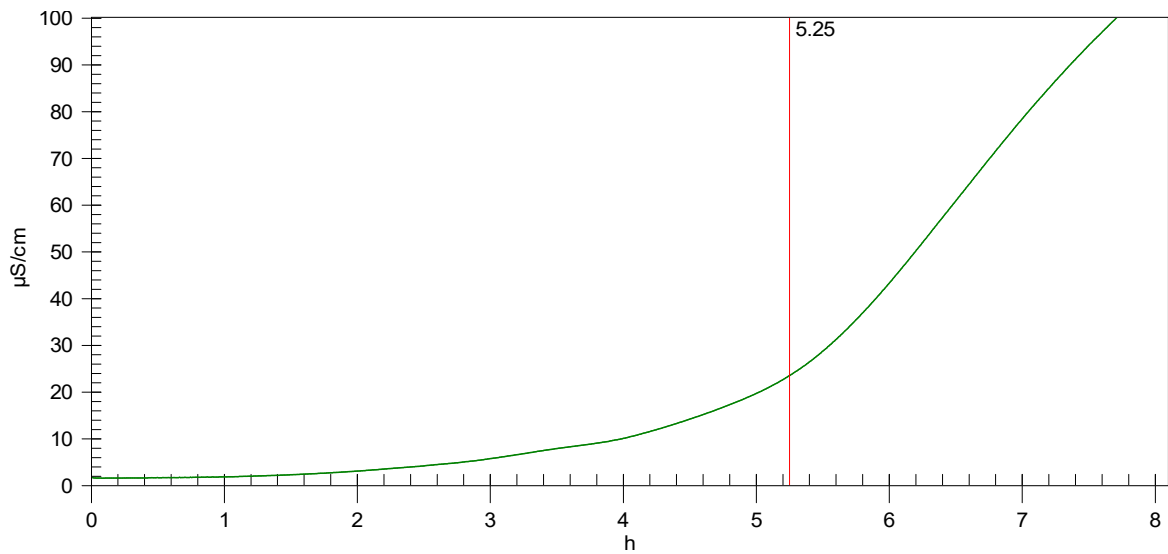


Tempo de indução do óleo *P. tenuifila*

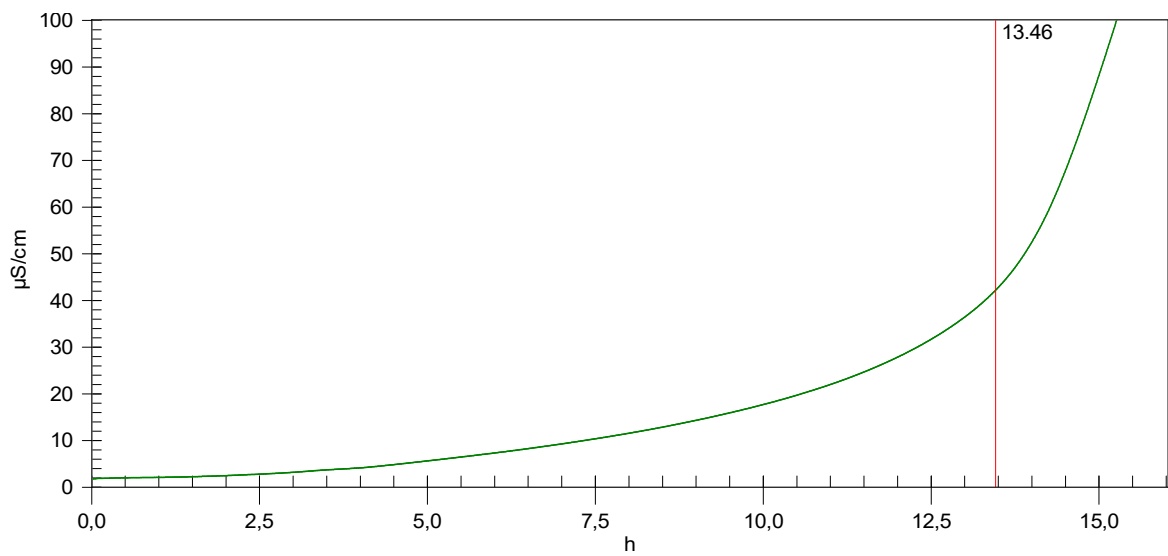


Tempo de indução do óleo *P. tenuifila* adicionado de extrato hidroetanólico extraído da torta

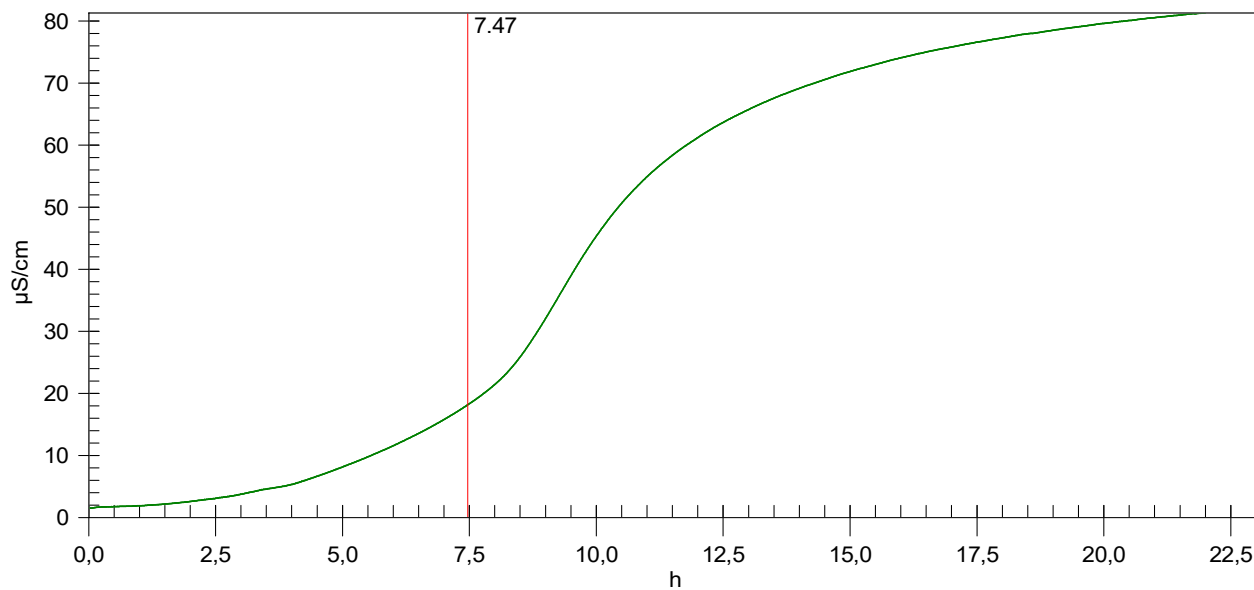
## Testes preliminares com extrato fenólicos das espécies de maracujá e óleo de soja



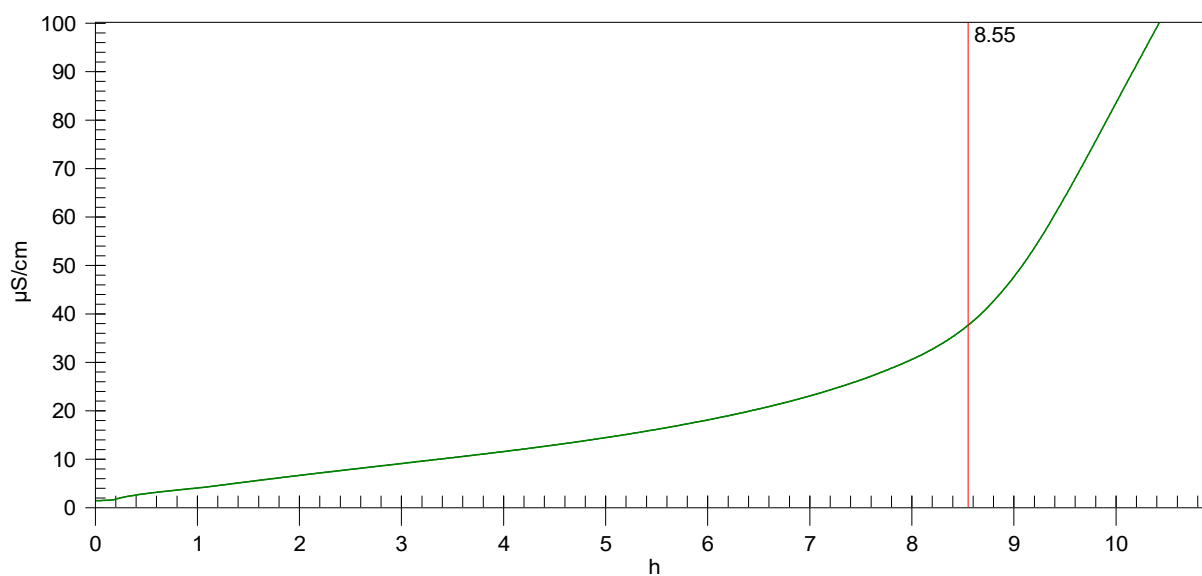
### Tempo de indução em Rancimat do óleo de soja



### Tempo de indução em Rancimat do óleo de soja adicionado do extrato fenólico do *P. alata*



Curva do tempo de indução do óleo de soja adicionado do extrato fenólico do *P. setacea*



Curva do tempo de indução do óleo de soja adicionado do extrato fenólico do *P. tenuifila*