



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE QUÍMICA

Nayane Duarte Ribeiro Urzedo

**O chá verde e suas propriedades: uma breve revisão  
bibliográfica abrangendo os anos de 2000 a 2020**

Uberlândia

2020

Nayane Duarte Ribeiro Urzedo

**O chá verde e suas propriedades: uma breve revisão bibliográfica abrangendo os anos de 2000 a 2020**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em bacharelado em Química Industrial da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (GQB056).

**Orientador:** Professor Dr. Welington de Oliveira Cruz

Uberlândia

2020

Nayane Duarte Ribeiro Urzedo

## O chá verde e suas propriedades: uma breve revisão bibliográfica abrangendo os anos de 2000 a 2020

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em bacharelado em Química Industrial da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (GQB056).

**Orientador:** Professor Dr. Welington de Oliveira Cruz

Uberlândia, Minas Gerais, 17 de dezembro de 2020.

### BANCA EXAMINADORA:



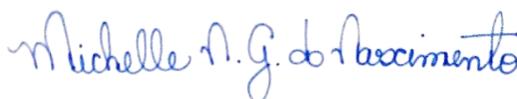
---

Prof. Dr. Welington de Oliveira Cruz  
(Orientador – UFU)



---

Profª. Drª. Raquel Maria Ferreira de Sousa  
(Examinador – UFU)



---

Drª.

ento

(Examinador – UFU)

*Ao meu esposo, Gustavo, minha mãe, Adriana,  
e meu pai, Vander, pelo amor, carinho, força,  
cuidado e dedicação.*

*Aos meus demais familiares, por seus  
exemplos e por sempre me ajudarem.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por me dar forças, por sempre estar comigo, iluminar meu caminho durante essa caminhada e por nunca ter me desamparado nos meus momentos de fraqueza.

Ao meu esposo, Gustavo Oliveira Leal de Urzedo por estar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis e sempre me dar forças para continuar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Welington de Oliveira Cruz pela oportunidade, paciência e por confiar e acreditar em mim.

Aos meus pais e familiares, por acreditarem em mim e me incentivarem a nunca desistir e seguir em frente.

Aos meus amigos de graduação, Gilberto, Tomás, Karoline, Bárbara, Marina e Simone por estarem comigo nos momentos mais difíceis e por todo apoio dado.

Ao Instituto de Química e a Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

*“Elevo os meus  
olhos para os  
montes: de onde  
me virá o  
socorro? O meu  
socorro vem do  
Senhor, que fez  
o céu e a terra.”.*

*(Salmos 121:1-2)*

## RESUMO

Por meio da realização dessa revisão bibliográfica na literatura utilizando-se de artigos e livros, pode se entender que o chá verde de um modo geral é uma das fontes mais ricas em flavonoides. Os chás provenientes da planta *Camellia sinensis* são tradicionalmente utilizados de forma medicinal por seu poder oxidante proveniente dos bioprodutos presentes no mesmo. Dentre eles se tem os compostos fenólicos, onde os mais importantes presentes no chá são os flavonoides, que são classificados como polifenóis, responsáveis pelos benefícios na saúde humana. Logo, por possuir muitos benefícios o chá verde foi adicionado no grupo de bebidas com propriedades funcionais. Neste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica breve sobre as propriedades do chá verde em alguns pontos. Os objetivos esperados foram analisar o histórico, composições, importância, propriedades e técnicas utilizadas para a extração de componentes do chá verde através de dados encontrados na literatura. Através de estudos analisados, se compreendeu que a *Camellia sinensis* é uma espécie de planta altamente benéfica à saúde e que o chá verde produzido através dela possui benefícios em vários aspectos, por suas propriedades antioxidantes provenientes principalmente dos compostos fenólicos presentes nele. Por fim, se concluiu que por seus benefícios apresentados é válida a busca e a realização de pesquisas relacionadas a esse tipo de chá.

**Palavras-chave:** chá verde, flavonoides, catequina, epicatequina galato, epigallocatequina, epigallocatequina-3-galato, antioxidantes.

## ABSTRACT

By conducting the bibliographic study, reviewing the literature with references to articles and books, it can be understood that green tea in general is one of the richest sources of flavonoids. Teas from the *Camellia sinensis* plant are traditionally used medicinally for their oxidizing power from the bioproducts present in the plant. Among them are the phenolic compounds, where the most important present in tea are the flavonoids, which are classified as polyphenols, responsible for the benefits in human health. functional. In this work, a brief bibliographic review was carried out on the properties of green tea in some points. The expected objectives were to analyze the history, compositions, importance, properties and techniques used for the extraction of green tea components through data found in the literature. Through studies analyzed, it was understood that *Camellia sinensis* is a species of plant highly beneficial to health. Also, the green tea produced through it has benefits in several aspects, due to its antioxidant properties mainly coming from the phenolic compounds present in it. Finally, it was concluded that due to its benefits presented, the search and conduct of research related to this type of tea is valid.

Keywords: green tea, flavonoids, catechin, epicatechin gallate, epigallocatechin, epigallocatechin-3-gallate, antioxidants.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esqueleto geral dos flavonoides. ....	13
Figura 2 - Estrutura da Catequina. ....	14
Figura 3 - Folhas e flores da <i>Camellia sinensis</i> . ....	18
Figura 4 - Estrutura química da teobromina e teaflavina. ....	19
Figura 5 - Esquema geral da redução do O <sub>2</sub> formando o radical hidroxila. ....	25
Figura 6 - Etapas do processamento das folhas de <i>Camellia sinensis</i> para obtenção de cinco diferentes tipos de chás. ....	22
Figura 7 - Estrutura química da quercetina, miricetina e kaempferol. ....	23
Figura 8 - Estruturas básicas da EGCG, EGC, EC e ECG. ....	24
Figura 9 - Mecanismo de remoção de radicais livres pelos flavonoides que contribuição para atividade antioxidante dos flavonoides. ....	27
Figura 10 - Estrutura química da Rutina. ....	28
Figura 11 - Principais classes de flavonoides. ....	29
Figura 12 - Rota Biossintética Geral para Flavonóides. ....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Métodos utilizados para determinação dos componentes do chá verde por CLAE.....	34
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

**C:** Catequina

**CLAE:** Cromatografia líquida de alta eficiência

**ERO:** Espécies reativas do oxigênio

**EC:** Epicatequina

**ECG:** Epicatequina galato

**EGC:** Epigallocatequina

**EGCG:** Epigallocatequina-3-galato

**GC:** Galocatequina

**LDL:** Lipoproteínas de baixa densidade

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
3. METODOLOGIA.....	15
4. ESTUDO DE LITERATURA.....	16
4.1. História do chá verde pelo mundo .....	16
4.2. Chá verde no Brasil .....	17
4.3. <i>Camellia Sinensis</i> .....	17
4.4. Benefícios, propriedades e uso do chá verde .....	19
4.5. Produção do chá verde.....	21
4.6. Composição química do chá verde .....	23
4.6.1 Compostos fenólicos .....	26
□ Flavonoides.....	26
□ Catequina.....	30
4.7. Técnica de extração de compostos fenólicos.....	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	35
REFERÊNCIAS .....	35

## 1. INTRODUÇÃO

O chá verde, uma das bebidas mais consumidas no mundo depois da água, de um modo geral é abundante em substâncias chamadas flavonoides, que agem na proteção do organismo e auxiliam no combate aos radicais, responsáveis pelo envelhecimento celular precoce (MATSUBARA; RODRIGUEZ, 2006). Logo, se observa que a busca de estilos de vida mais saudáveis e a tentativa de diminuir a quantidade de fármacos para tratar certas doenças, faz com que essa bebida seja bastante consumida nos dias atuais (SOUSA, 2016).

As qualidades medicinais do chá são famosas e faladas através de milênios, pois em sua composição química estão presentes proteínas, glicídios, ácido ascórbico e fólico, manganês, potássio, vitaminas do complexo B, polifenóis, monosídeos de flavonoides e flavonas, taninos, cafeína, epicatecóis livres e esterificados pelo ácido gálico, e a epigalocatequina-3-galato (EGCG) que se sobressai entre eles (MIYAZAKI, 2008).

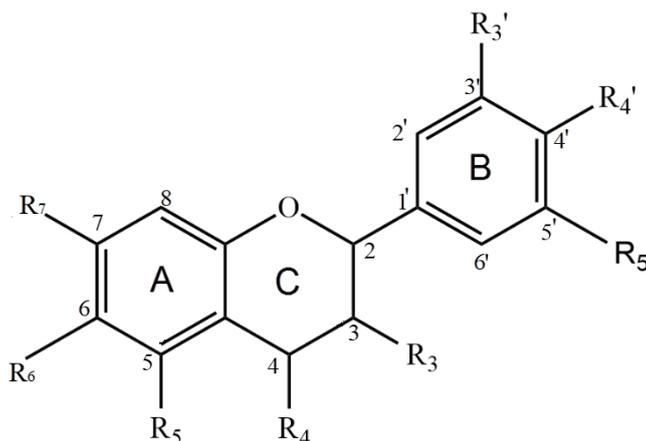
Nesse trabalho foi realizado um breve levantamento bibliográfico sobre o chá verde e suas propriedades, no qual a *Camellia sinensis*, que é uma espécie de planta originária do sudeste asiático e introduzida no Japão no início do século IX, sendo difundida no ocidente, possui uma participação fundamental na produção do chá citado. Ela pode fornecer três tipos principais de chá: o verde ou banchá, o preto e o Oolong também conhecido como amarelo ou chá semi oxidado (MIYAZAKI, 2008). A diferença do chá verde que possui a maior quantidade de compostos funcionais, para os outros é que nele as folhas da planta são cozidas a vapor, imediatamente após a colheita, evitando a fermentação que elimina a maior parte de suas propriedades terapêuticas (MIYAZAKI, 2008).

Essa planta popularmente tem sido usada em dietas alimentares, pois seus componentes químicos majoritários, os flavonoides pertencentes à classe dos compostos fenólicos, apresentam uma série de atividades biológicas como anticarcinogênica, antioxidantes, anti-inflamatórias e quimioprotetoras (SCHMITZ et al., 2005). Os compostos fenólicos são encontrados no reino vegetal com mais de 8 mil estruturas identificadas, onde apresentam pelo

menos um grupo fenol (uma hidroxila ligada ao anel aromático). Podem ser classificados de diferentes maneiras, por serem constituídos de estruturas heterogêneas variando de moléculas simples a compostos altamente polimerizados (GIADA, 2013).

Dentro desses compostos temos os flavonoides, que possuem uma estrutura geral com três anéis, sendo eles A, B e C e um padrão de numeração definido pelo IUPAC (Figura 1). O anel C pode ser insaturado nas posições 2 e 3, e conter outros grupos funcionais. A ligação entre o anel B e C pode estar na posição 2 ou 3. Para a maior parte dos flavonoides os substituintes  $R_4'$  e  $R_6$  apresentam um átomo de hidrogênio enquanto  $R_5$  um grupo hidróxi. De  $R_3$  a  $R_6$  apresenta-se hidrogênio ou uma variedade de grupos como hidroxila e alquila. Em algumas classes  $R_4$  é uma carbonila, como nos flavonóis (GIADA, 2013).

Figura 1- Esqueleto geral dos flavonoides.



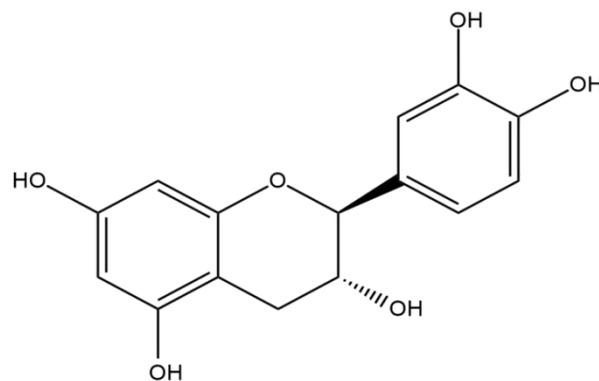
Fonte: a autora

Os flavonoides são responsáveis pela pigmentação de algumas flores, frutos, folhas, sementes e atuam nos organismos vegetais apresentando funções importantes na fertilidade de algumas espécies. Eles agem como antimicrobianos e protegem as plantas contra a radiação ultravioleta agindo como filtros protegendo os tecidos contra danos fotossintéticos (HUBER, RODRIGUEZ-AMAYA, 2008; SIMÕES et al., 2017).

Estão presentes na composição química do chá verde as catequinas (Figura 2), que são flavonoides das classes dos flavonóis, eficazes na

prevenção e tratamento de doenças associadas à obesidade, como também cardiovasculares e diabetes. Através da diminuição do triacilglicerol, colesterol total, lipoproteínas de baixa densidade (LDL) oxidada e absorção da glicose. Elas também possui atividades quimioprotetoras, que impedem o crescimento de células cancerígenas no organismo (SILVA, NAVARRO, 2007; SAIGG, SILVA, 2009).

Figura 2 - Estrutura da catequina.



Fonte: a autora.

Dentre as catequinas, a EGCG é a que possui tempo de meia vida maior sendo absorvida no organismo mais rápido. Quando usada separadamente, apresenta meia vida menor do que associada com os outros compostos presentes no chá verde (SCHMITZ et al., 2005).

## 2. OBJETIVOS

- Análise do histórico e benefícios do chá verde através de dados encontrados na literatura;
- Avaliação da composição, importância e propriedades do chá verde;
- Análise das técnicas de extração de compostos fenólicos em chá verde, encontradas na literatura.

### 3. METODOLOGIA

É dito que uma revisão sistemática utiliza como referência a literatura sobre determinado tema para a realização de pesquisas (SAMPAIO, MANCINI, 2020). A revisão é desenvolvida com o auxílio de materiais que já foram elaborados como livros, artigos, teses entre outras fontes permitindo maior conhecimento sobre o problema, aprimoramento ou descoberta de novas ideias (GIL, 2007).

Usualmente é traçada e coordenada após a publicação de muitos estudos experimentais sobre um tema. Logo, depende da virtude da fonte inicial e estudiosos afirmam que esse procedimento pode criar um alicerce de conhecimentos, capaz de guiar a prática profissional na identificação da necessidade de novas pesquisas (SAMPAIO, MANCINI, 2020). Com isso verificamos a importância desse método.

Este Trabalho de Conclusão de Curso consiste em um estudo da literatura sobre o chá verde e suas propriedades. Foi elaborado a partir de registros e análises com maior amplitude de entendimento e interpretação crítica das fontes obtidas. Foram incluídos estudos publicados em inglês, espanhol e português sendo excluídos os trabalhos publicados em outros idiomas.

Os dados foram reunidos através de instrumentos de busca disponíveis na Web como *Google Acadêmico*, *PubMed*, *SciELO*, *Science Direct*, *Web of Sciences* e Periódicos Capes. Também foram consultados capítulos de livros pertinentes ao tema onde os descritores utilizados para as buscas foram “catequina”, “catequina e seus benefícios”, “chá verde”, “catequina no chá verde” e suas respectivas transposições para o inglês.

A pesquisa de dados foi realizada desde janeiro de 2019 e se estendeu até novembro de 2020 buscando publicações disponíveis a partir do ano 2000. Foram realizadas buscas por etapas, começando pela identificação preliminar bibliográfica que abrange o período de 2000 a 2020, e em seguida a catalogação e organização de resumo, análise e interpretação do material, bibliografia, revisão e relatório final, concluído com a organização do material.

## 4. ESTUDO DE LITERATURA

### 4.1. História do chá verde pelo mundo

Schmitz et al. (2005) investigaram que desde o início dos tempos, as plantas são utilizadas como produtos terapêuticos e que, no mundo milhares de produtos de origem vegetal são utilizados nas mais variadas formas como cataplasmas, infusão, macerado filtrado, na sua forma *in natura* entre outras. Onde, a infusão é a forma mais popular de se utilizar o chá verde.

Proveniente da China, através da Companhia Comercial Britânica das Índias Orientais, orientais, o chá adentrou na Inglaterra no início do século XVII. O consumo de chá no país teve origem com a portuguesa Catarina de Bragança, no século XVII, filha do rei João IV, ela era uma grande apreciadora dessa bebida em Portugal, e levou o hábito de consumir chá para a corte inglesa (FIRMINO, 2011).

Inicialmente, o valor do chá era muito alto devido a sua falta no mercado, logo seu consumo era somente para pessoas de classes economicamente mais favorecidos, com isso este produto transformou-se em símbolo de status (SCHMITZ et al., 2005). As classes inferiores não tinham nenhum contato com o chá, todavia, os trabalhadores das fábricas do século XVIII que faziam parte dessas classes mais baixas, caracterizaram o chá como a bebida mais adequada para os seus dias frios de trabalho. Isso ocorreu no momento em que postos comerciais do mesmo foram colocados na China no início do século XVIII, aumentando seu comércio diminuindo assim os preços do produto (FIRMINO, 2011).

O chá verde foi considerado por muito tempo pelos orientais, como uma bebida saudável (SENGER, SCHWANKE, MARIA, 2010). Saigg e Silva (2009) estudaram que seu significado é mais do que de uma bebida simples, pois ele é destacado com uma bebida que contém harmonia, saúde, prosperidade e beleza. Assim, seu consumo se transformou em um ritual de grande importância social e cultural.

## 4.2 Chá verde no Brasil

O chá é pouco abordado na literatura, mesmo fazendo parte da história do nosso país. Estudos realizados por Saigg e Silva (2009) mostraram que o chá chegou ao Brasil há um século através dos imigrantes chineses, os quais ensinaram os segredos do plantio, queima, manipulação e padronização do mesmo.

Quando uma história é contada se tem várias versões da mesma, pois os acontecimentos sempre são relatados de maneiras diferentes. Assim, Paganini Costa e Da Silva (2011) fizeram descobertas interessantes, relatando que as primeiras sementes de *Camellia sinensis* chegaram ao país no estado do Rio de Janeiro, através de um pequeno comerciante e agricultor de Portugal chamado Luiz de Abreu, que obteve as mesmas e ofereceu a D. João VI. Nessa época, as sementes foram plantadas em terras coloniais por ordens de D. João VI assegurando seu abastecimento á corte. A partir desse momento suas propriedades começaram a ser apontadas e expandidas por todo país.

E assim, por volta de 1814 após a chegada de alguns chineses, as plantações brasileiras de chá tiveram um aprimoramento devido às novas ideias e ensinamentos orientais (PAGANINI COSTA, DA SILVA, 2011). Como resultado, Firmino (2011) relatou que a cultura do chá verde, se expandiu por todo o país, começando pelos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Atualmente, a principal região que produza o chá no Brasil é o Vale do Ribeira, em São Paulo.

## 4.3 *Camellia Sinensis*

Segundo Blanco (2020), *Camellia Sinensis* é uma planta de origem asiática pertencente à família Theaceae do gênero *Camellia* e espécie *sinensis*. Conhecida popularmente como chá verde, chá da Índia, chá preto ou “green tea”, o seu cultivo, que ocorre em mais de trinta países do mundo, origina-se preferencialmente por meio de estacas possuindo uma folha desenvolvida da planta com um tamanho de três a quatro centímetros.

Ela é do tipo arbustivo de pequeno porte, folhas simples, alternas e inteiras, suas margens são serradas e sua textura coriácea (DUARTE,

MENARIM, 2006). Blanco (2020) relata que as suas flores (Figura 3) são pequenas, brancas, geralmente possui de quatro a cinco pétalas, e aparecem em grupos de até quatro. Seu fruto é uma cápsula com até três centímetros de diâmetro.

Figura 3 - Folhas e flores da *Camellia sinensis*.



Fonte: adaptado de SÁ et al., 2007.

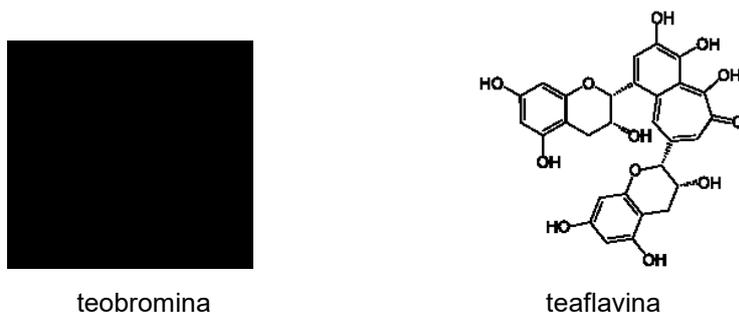
Como foi mencionado anteriormente, essa planta dá origem a três tipos de chás que são, a partir da sua preparação após a colheita, considerados diferentes mesmo tendo origem da mesma planta. Portanto, quando as folhas são submetidas à fermentação rápida ou prolongadas se tem o chá preto e o Oolong, respectivamente. Já o famoso chá verde, é obtido através da consolidação das folhas recém-coletadas, onde as mesmas passam por um aquecimento para que ocorra a inativação das enzimas catalíticas prevenindo a oxidação dos bioativos do chá (RADOMINSKI, 2007 in SÁ, TURELLA, BETTEGA, 2007).

A composição fitoquímica das folhas da *Camellia sinensis* depende de vários fatores como clima, práticas de cultivo, estação do ano, variedade e idade da planta. Duarte e Menarim (2006) descobriram que ela possui em sua composição química diferentes grupos de compostos constituídos principalmente de polifenóis.

Segundo Freitas e Navarro (2007) suas folhas sobressaem aos aspectos de teobrominas e teaflavinas (Figura 4) além de hídricos, proteicos, glicídicos,

cafeínas, sais minerais, vitaminas, e derivados polifenólicos. Também apresenta uma elevada quantidade de flavonoides como as catequinas por exemplo.

Figura 4 - Estrutura química da teobromina e teaflavina.



Fonte: a autora.

Conforme Schmitz et al. (2005), a *Camellia sinensis* tem várias formas de ser utilizadas que vão do chá até extratos hidro alcoólicos e aquosos por via oral ou tópica. Recentemente tem sido muito usada em dietas alimentares por suas propriedades antioxidantes, entretanto o preparo de plantas medicinais por diferentes métodos de produção podem alterar sua composição química, principalmente quantitativamente, o que pode atrapalhar o efeito benéfico esperado pelos consumidores (FREITAS, 2007). A parte mais utilizada dessa planta são seus botões e suas folhas para extração de princípios ativos. Através dos estudos feitos por Sá e colaboradores (2007), isso ocorre por elas possuírem 30% de compostos antioxidantes.

#### 4.4 Benefícios, propriedades e uso do chá verde

A apreciação do chá verde é atribuída ao seu aroma, sabor e também às suas propriedades funcionais conhecidas por todo o mundo. Segundo De Oliveira e Mendes (2013) estudos recentes têm demonstrado os benefícios à saúde humana ao consumir este chá, o qual contribui no tratamento de

doenças através do seu potencial anticarcinogênico, propriedades antioxidantes, hipoglicemiante e anti-inflamatória.

Pesquisas indicaram que seu potencial anticarcinogênico melhora dia após dia a qualidade do tratamento de pessoas que possuem câncer. Isso ocorre devido à catequina presente nessa bebida, agindo na diminuição da proliferação das células cancerígenas com seus efeitos inibidores da agressão dos radicais ao DNA (ANNELI et al., 2016).

As propriedades antioxidantes deste chá se devem aos flavonoides presentes nele com sua prevenção à ocorrência de doenças relacionadas com o estresse oxidativo (desequilíbrio entre moléculas oxidantes e antioxidantes). Na maioria dos casos, esses danos oxidativos às estruturas biológicas são associados à atuação de radicais. Nesse caso, os flavonoides atuam na inativação dos radicais doando elétrons através dos átomos de hidrogênio para o oxigênio, evitando assim a produção deles no organismo (LODI, NAVARRO, 2011).

Anneli e colaboradores (2016) constataram que através do chá verde e suas propriedades hipoglicemiantes a sensibilidade a insulina tem seus efeitos acrescidos pelos polifenóis presentes no mesmo. O chá também age na diminuição a resistência da insulina no organismo, pois o transportador de glicose tem um potencial acréscimo em suas atividades. Sua ação anti-inflamatória também se deve aos polifenóis que conseguem diminuir o processo inflamatório de artrite asséptica, por exemplo.

Alguns estudos têm demonstrado resultados positivos de produtos naturais como o chá verde, sobre a atividade antimicrobiana. A cárie dental é uma doença infecciosa de origem bacteriana, cujo desenvolvimento depende de quatro fatores: tempo, dente, microbiota e dieta. A intervenção sobre qualquer um desses fatores impede seu desenvolvimento, assim para a resolução deste problema, o chá neste caso é uma ótima solução possível (CASTILHO, MURATA, PARDI., 2007).

Saigg e Silva disseram que para se ter um resultado satisfatório, o chá verde que é considerado um alimento funcional, deve ser consumido de forma adequada, na quantidade certa e com a orientação de um profissional da área da saúde. Senger e colaboradores (2010) relatam que apesar de algumas contraindicações, devido a sua composição, o chá verde possui muitos

benefícios intensificando assim, pesquisas sobre seu consumo. Embora ainda haja dados controversos, a maioria dos resultados é satisfatória, indicando que a bebida pode oferecer benefícios ao tratamento de diversas patologias.

A necessidade de estudos experimentais e clínicos mais aprofundados que envolvam não somente mecanismos de ação dos compostos bioativos do chá verde, biodisponibilidade das catequinas, doses e administração seguras, mas também os hábitos alimentares das pessoas que consomem esse alimento é muito importante para que se esclareça a sua real ação efetiva no organismo (DE OLIVEIRA, MENDES, 2013).

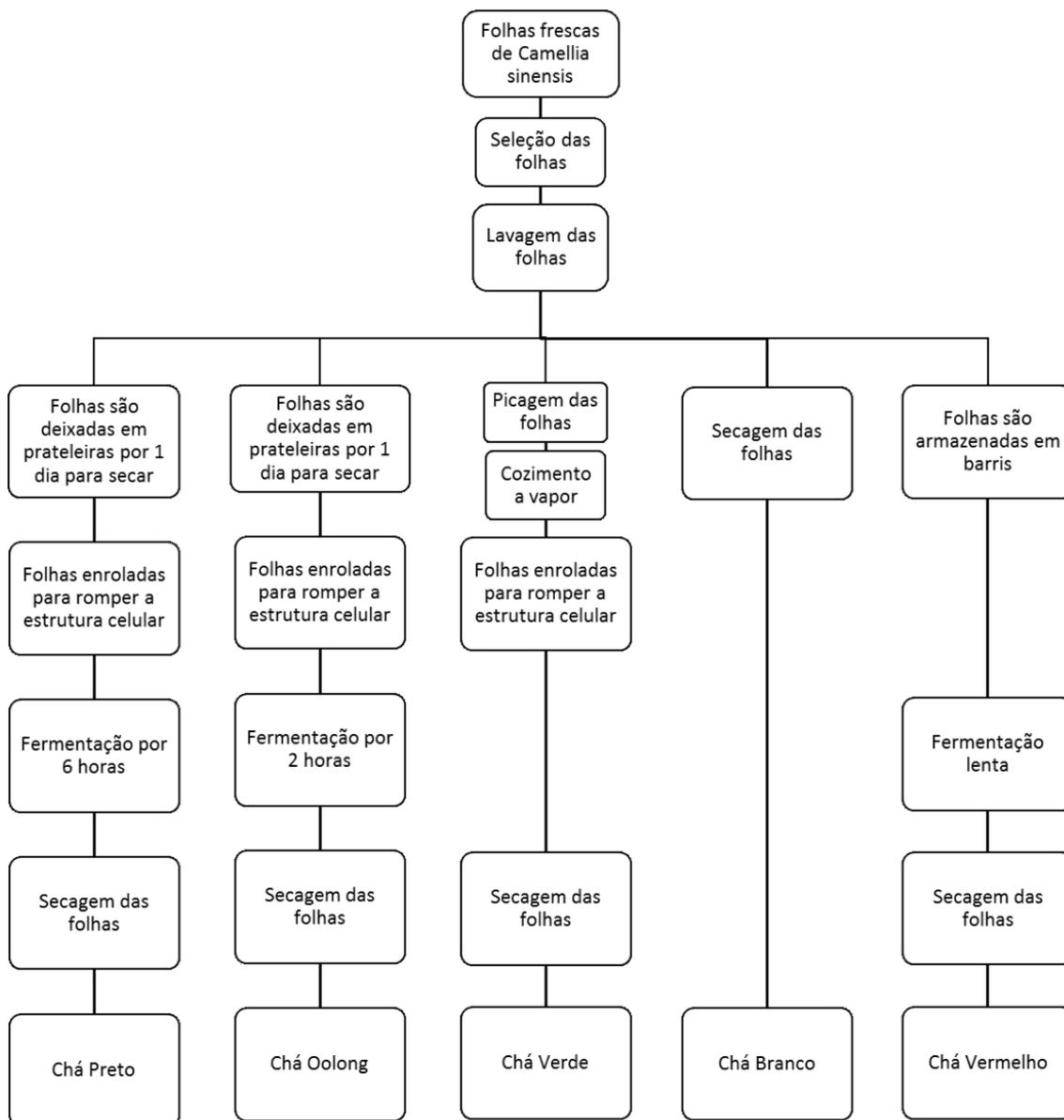
#### **4.5 Produção do chá verde**

A busca por um aprofundamento relacionado ao conhecimento dos efeitos do chá verde, fez com que sua complexa composição química tenha sido estudada através de métodos analíticos e quimiométricos (SENGER, 2010). Ele tem seus benefícios à saúde atribuídos a altas concentrações de antioxidantes e de compostos fenólicos assim, passou a fazer parte do grupo de bebidas que possuem propriedades funcionais (FIRMINO, 2011).

A sua composição química pode variar, assim como a das folhas utilizadas para sua produção como bebida, que passa por diferentes momentos de preparo (Figura 5) realizados através da infusão das folhas da *Camellia sinensis*, pois elas podem originar até cinco tipos de chás diferentes, o chá verde, preto, vermelho, branco e amarelo também conhecido como Oolong (BELTRAN et al., 2014).

Considerando a assimetria no processamento das folhas, cada chá apresenta diferenças de sabor, aspecto e propriedades antioxidantes, especificamente, no caso dessas últimas propriedades, ocorrem mudanças significativas de um chá para outro (PAGANINI COSTA, DA SILVA, 2011).

Figura 5 - Etapas do processamento das folhas de *Camellia sinensis* para obtenção de cinco diferentes tipos de chás.



Fonte: adaptado de Paganini Costa e Da Silva, 2011.

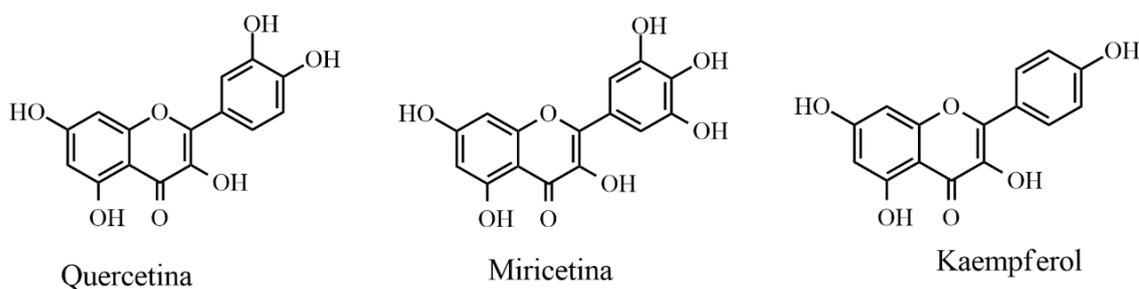
Durante a produção do chá verde após a lavagem das folhas, elas são picadas e passam por um cozimento a vapor se tornando flexíveis e maleáveis para serem trabalhadas. As mesmas são enroladas e colocadas em bandejas aquecidas para ocorrer o rompimento da estrutura celular se obtendo o sabor desejado do chá. Logo após, elas são secas até que se tenha apenas 2% de sua umidade original (PAGANINI COSTA, DA SILVA, 2011).

É necessário que as folhas recém-colhidas passem pelo aquecimento no cozimento a vapor para ocorrer a inativação das enzimas catalíticas, é o que se chama de estabilização das folhas. Este processamento deve ser realizado imediatamente após a colheita, desta forma, se previne a oxidação dos bioativos do chá, obtendo um produto seco, estável, e de melhor qualidade (MATSUBARA, RODRIGUEZ-AMAYA, 2006).

#### 4.6 Composição química do chá verde

No chá verde estão presentes componentes químicos que são considerados potentes oxidantes, dentre eles os principais são os flavonoides, como a quercetina, miricetina e kaempferol (Figura 6) se destacando com maior importância a presença de flavonóis com 3% e as catequinas com 30%. Existem ainda outras substâncias na composição desta bebida, como água, proteínas, carboidratos, vitaminas C e K, sais minerais, cafeína, aminoácidos, flúor, podendo ser encontrados até mesmo taninos e metilxantinas. (SAIGG, SILVA, 2009; ANNELI et al., 2016).

Figura 6 - Estrutura química da quercetina, miricetina e kaempferol.

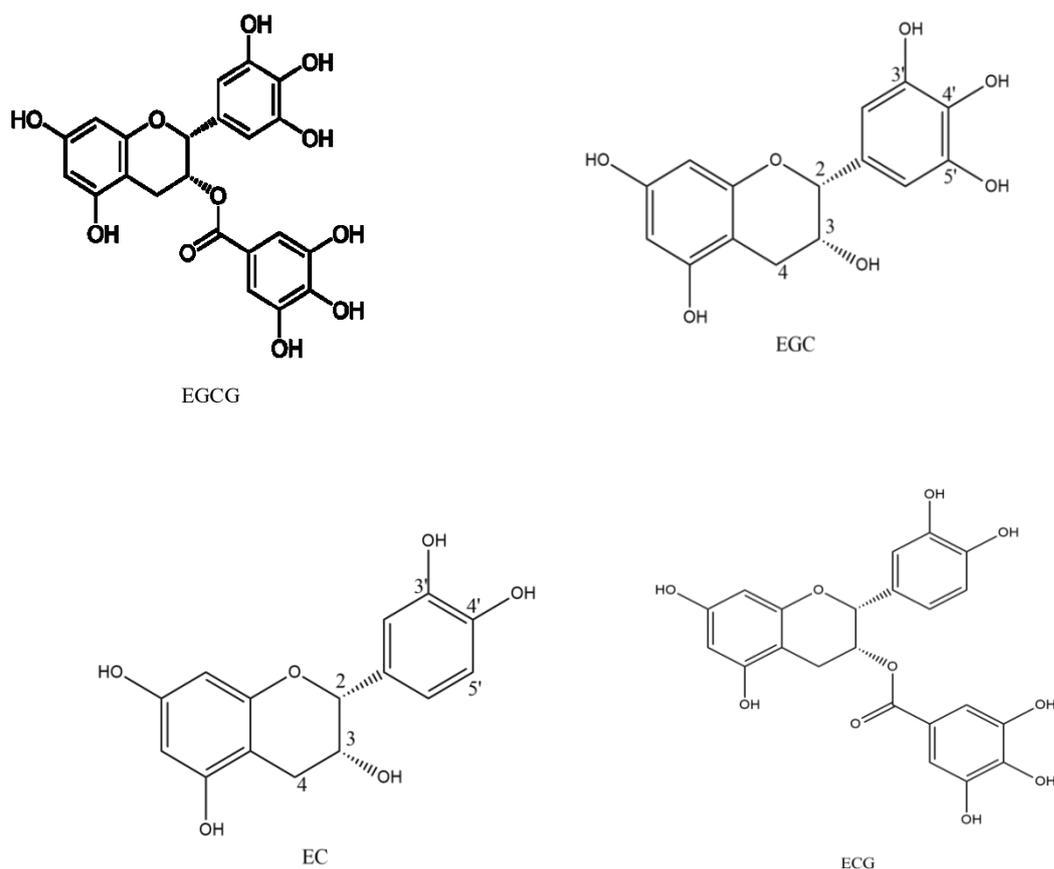


Fonte: a autora

Oliveira (2012) através de seus estudos abordou que por possuir maior quantidade de bioativos que outras bebidas do mesmo tipo, o chá verde contém várias atividades funcionais. Dentre eles as catequinas são as mais estudadas por suas propriedades serem mais elevadas do que as dos produtos considerados sintéticos. No extrato bruto do chá encontram-se 30% de

catequinas presentes em quatro principais formas (Figura 7) a epicatequina (EC), epigalocatequina (EGC), galato de epicatequina (ECG) e a EGCG, sendo esta última encontrada em maiores quantidades (OLIVEIRA, 2012).

Figura 7 - Estruturas básicas da EGCG, EGC, EC e ECG.

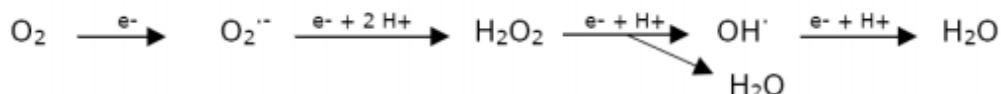


Fonte: a autora.

Para se compreender as propriedades antioxidantes do chá verde é preciso entender os mecanismos e conceitos envolvidos nas reações de oxidação. Segundo Firmino (2011) vários estudos efetuados tem indicado a importância dos radicais e outros oxidantes como os maiores responsáveis pelo envelhecimento e pelas doenças degenerativas associadas ao mesmo. Os radicais ou espécies reativas do oxigênio (ERO) são substâncias altamente reativas, por apresentarem um elétron desemparelhado na última camada eletrônica que reagem rapidamente com substratos oxidáveis (SOLOMONS,

2009). As ERO são formadas por reações de óxido-redução, após cederem ou receberem um elétron de outras moléculas instáveis (Figura 8) e são consequências relacionadas ao metabolismo do oxigênio e da exposição da célula a microtoxinas, radiação ionizante, pesticidas, entre outras fontes, que provocam a redução incompleta do oxigênio (DROGE, 2002 in FIRMINO, 2011).

Figura 8 - Esquema geral da redução do O<sub>2</sub> formando o radical hidroxila.



Fonte: adaptado de Renz; González, 2003.

Atoui e colaboradores (2005) entenderam que a produção de radicais é controlada nos seres vivos por diversos compostos antioxidantes, os quais podem ter origem endógena, ou proveniente de dietas alimentares entre outras fontes. Além disso, os radicais oxigenados podem ser convertidos a outras espécies reativas não radicais, como peróxido de hidrogênio logo, as ERO podem ser espécies radicais e não radicais (FERREIRA, ABREU, 2007 in FIRMINO, 2011).

Já os antioxidantes podem ser definidos como substâncias capazes de retardar ou inibir a oxidação de substratos oxidáveis, podendo ser enzimáticos ou não enzimáticos, tais como vitamina E e C e os compostos fenólicos. (FALLER, 2008). Segundo Faller (2008) manter o equilíbrio entre a produção de radicais e as defesas antioxidantes é uma condição essencial para o funcionamento normal dos seres vivos. Assim, quando gerados, a maior parte dos radicais é removida, estabilizada ou até mesmo desativada pelos antioxidantes das células antes que suas partes biológicas sofram ataques.

Oliveira e colaboradores (2009) disseram que a eficiência antioxidante de compostos bioativos em alimentos de origem vegetal depende de sua estrutura e da sua concentração no alimento. Logo, a quantidade destas substâncias em vegetais é fortemente influenciada por fatores genéticos,

condições ambientais, variedade da planta, além do seu nível de maturação. O consumo de antioxidantes naturais, como os compostos fenólicos, presentes na maioria das plantas, inibe a formação de radicais, e tem sido associado a uma menor incidência de doenças relacionadas com o estresse oxidativo (FALLER, 2008).

Firmino (2011) através de seus estudos entendeu que devido a suspeita de atividade como carcinogênese, o uso dos antioxidantes sintéticos vem diminuindo. Logo, o papel de alimentos com propriedades antioxidantes na prevenção de certas doenças como ocorre com o chá verde, e às evidências epidemiológicas, promove o interesse pela busca de antioxidantes seguros provenientes de fontes naturais levando ao desenvolvimento de um grande número de métodos para se determinar a capacidade antioxidante de certos alimentos.

#### **4.6.1 Compostos fenólicos**

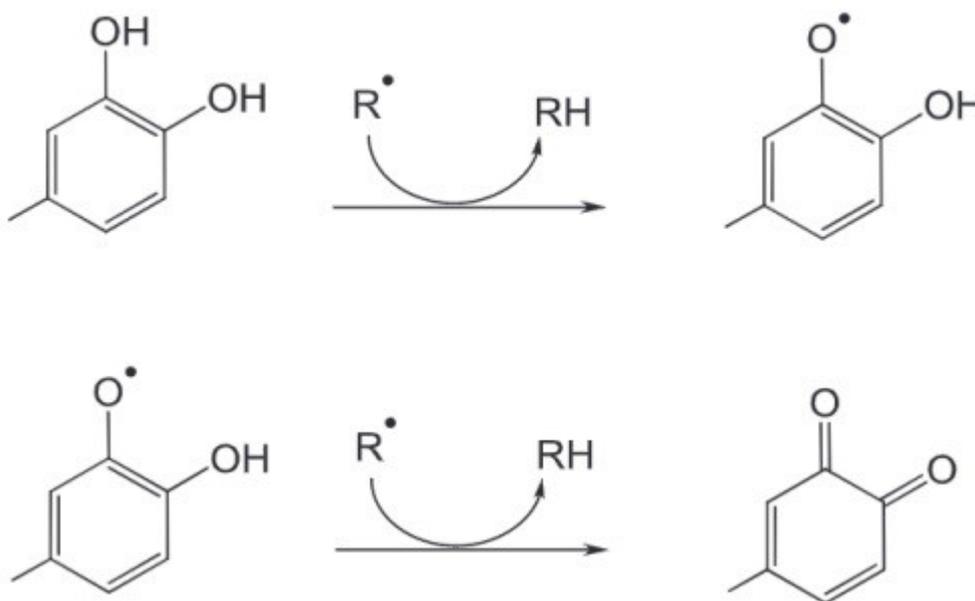
- **Flavonoides**

Os compostos fenólicos receberam um tópico especial neste trabalho, pois são os compostos mais importantes presentes no chá verde. Na química orgânica eles são classificados como fenóis simples ou polifenóis, com base no número de unidades de fenol na molécula, onde este último corresponde a uma das maiores classes de fitoquímicos que existem e incluem mais de 8.000 substâncias que já foram identificadas e outras ainda não investigadas. Os fitoquímicos são, por definição, compostos bioativos não nutritivos dos vegetais, dentre eles se tem os carotenóides, alcalóides, compostos organosulfurados, compostos não nitrogenados e os polifenóis (LIU, 2004).

A principal característica estrutural dos compostos fenólicos é a presença de pelo menos um anel aromático associado à, no mínimo, um substituinte hidroxila que tem a facilidade de perder elétrons através do hidrogênio presente e oxidar. A presença deste radical é uma das principais responsáveis pela capacidade antioxidante destes compostos, tendo relação entre o número e sua posição na estrutura química (FALLER, 2008).

Segundo Rocha e Souza (2019), para que um composto fenólico possa ser definido como antioxidante é necessário que o mesmo satisfaça duas condições básicas: primeiro, quando presente em baixa concentração em relação ao substrato, o composto fenólico deve atrasar ou impedir a oxidação do substrato levando à formação de espécies radiculares. Segundo, caso ocorra a oxidação do substrato, o composto fenólico deve transferir elétrons através das moléculas de hidrogênio para o substrato oxidado e o radical fenólico então formado deve ser estável e, através de ressonância na sua molécula, se obtêm compostos oxidados também estáveis (Figura 9).

Figura 9 - Mecanismo de remoção de radicais livres pelos flavonoides que contribuição para atividade antioxidante dos flavonoides.



Fonte: adaptado de PROCHÁZKOVÁ, 2011.

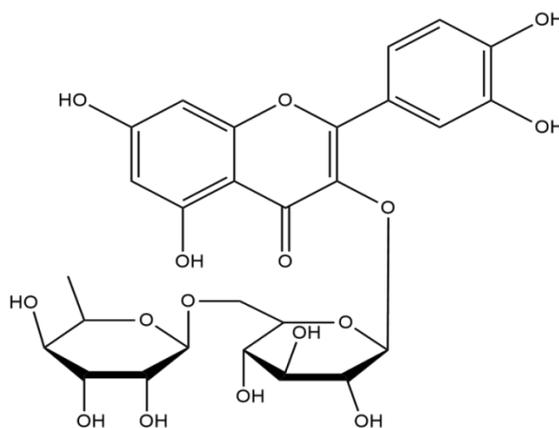
A classificação dos compostos fenólicos varia de acordo com o autor, podendo ser feita através da quantidade dos anéis fenólicos que estão presentes e pelos elementos que fazem a ligação entre os mesmos (HARBORNE, WILLIAMS, 2000; FLAMBÓ, 2013).

Os polifenóis estão presentes em plantas provenientes de seu metabolismo secundário. Ao contrário do metabolismo primário no qual são utilizados nutrientes essenciais para o desenvolvimento do vegetal como moléculas de carboidratos, proteínas e lipídeos, o metabolismo secundário

sintetiza outros compostos não essenciais. Dentre eles podemos citar pigmentos que contribuem com a coloração característica de frutos, flores e apesar de não serem essenciais para o desenvolvimento do vegetal, os compostos fenólicos exercem um papel importante na fisiologia da planta, onde atuam como atrativos à polinização, protetores contra o ataque de predadores, patógenos e parasitas, ação antioxidante, inibição enzimática, entre outras (FALLER, 2008).

Os compostos fenólicos quando presentes em vegetais podem estar em formas livres ou complexadas a açúcares e proteínas. Dentre eles, destacam-se os flavonoides, os ácidos fenólicos, os taninos como os antioxidantes fenólicos mais comuns de fonte natural. Em 1930, o cientista húngaro Albert Szent - Gyorgyi isolou uma nova substância química proveniente de laranjas. Inicialmente ele chamou de vitamina P, apesar de logo após realizar uma análise mais precisa, ver que se tratava na verdade de um flavonoide, a Rutina (Figura 10) (FLAMBÓ, 2013).

Figura 10 - Estrutura química da Rutina.

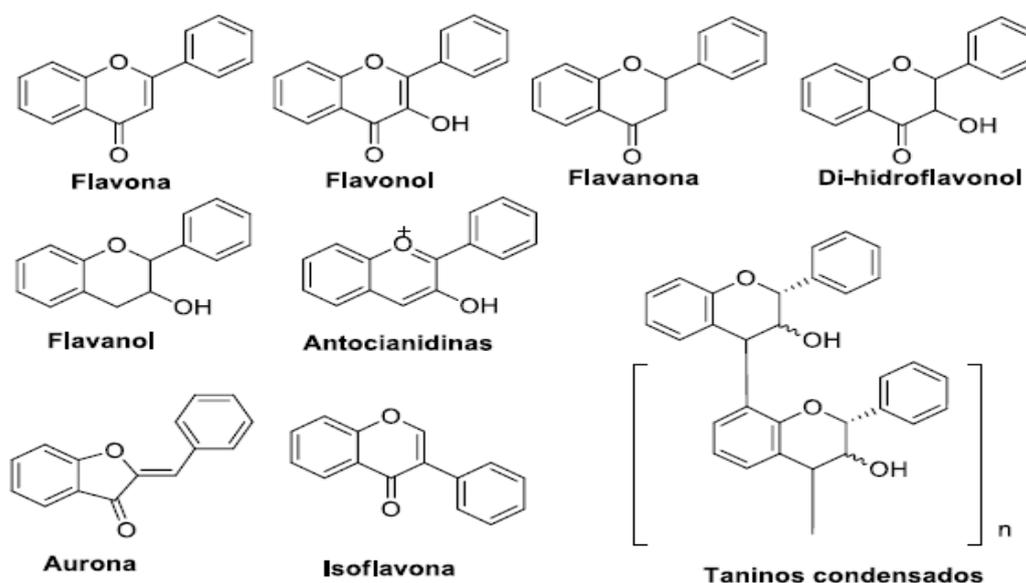


Fonte: adaptado de Flambó, 2013.

Os flavonoides fazem parte do maior grupo dentre os polifenóis e representam um dos mais importantes de origem vegetal se encontrando geralmente em folhas, flores, raízes e frutos das plantas, podendo ainda apresentar diferentes concentrações dependendo do órgão vegetal em que se encontra (FLAMBÓ, 2013). A sua distribuição pode ser restrita a alguns tipos de alimentos, como as isoflavonas, presentes na soja e algumas leguminosas,

e as flavanonas típicas de frutas cítricas, a figura 11 apresenta as principais classes de flavonoides (ROSS, KASUM, 2002 in FALLER, 2008).

Figura 11 - Principais classes de flavonoides.



Fonte: adaptado de Falcone e outros (2012).

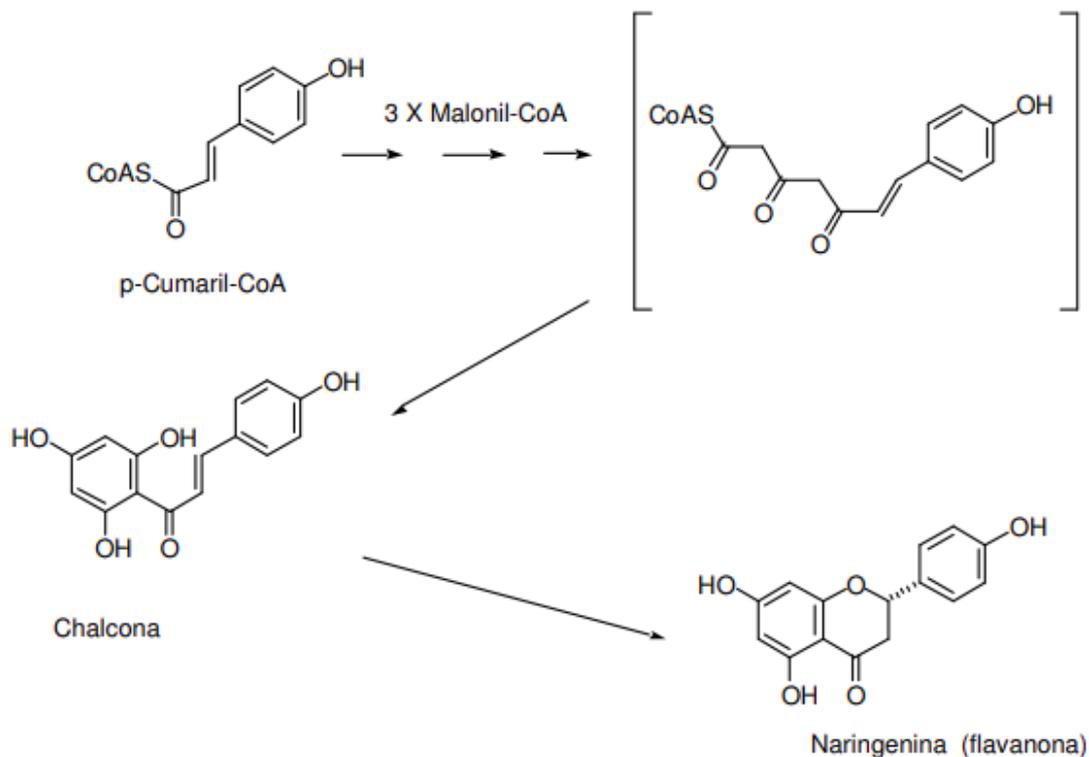
Segundo Flambó, 2013, pertencentes a uma ampla classe de substâncias químicas de origem natural, cuja síntese não ocorre em seres humanos, os flavonoides possuem muitas propriedades farmacológicas que permitem sua atuação em sistemas biológicos e assim favorece a saúde humana. Todos eles (Figura 11) podem ser isolados mediante diferentes técnicas como cromatografia em coluna aberta e líquida de alta eficiência sendo identificados por espectrometria de massa e ressonância magnética nuclear, segundo Flambó (2013).

A rota biossintética dos flavonóides apresenta um diferencial por seus anéis aromáticos serem formados de rotas metabólicas diferentes. Os anéis B e C são sua parte fenil propanoídica derivada do ácido p-cumárico formado pela via do chiquimato. Já o anel A, é formado basicamente pela condensação de unidades de acetato (ROCHA, SOUZA, 2019).

A biossíntese geral dos flavonoides tem como intermediário central o tio-éster p-cumaroil-CoA, que é alongado pela condensação de três unidades de malonil-CoA. A ciclização que deriva na formação do anel A produz a chalcona,

que tende espontaneamente à flavanona. Porém, sabe-se que a ciclização da chalcona pode ser catalisada por uma enzima, a chalcona isomerase, que leva ao fechamento estereoespecífico do anel formando a (2-S)-flavanona. Os outros tipos de flavonóides são formados por subseqüentes etapas de oxirredução do tio-éster p-cumaroil-CoA (Figura 12) (ARAÚJO, 2016).

Figura 12 - Rota Biossintética Geral para Flavonóides.



Fonte: ARAÚJO, 2016.

### • Catequina

A catequina é um composto solúvel em água, responsável pelo amargor e pela adstringência do chá verde. Por se oxidar facilmente, ou seja, quando está presente no organismo e encontra um radical reagindo rapidamente com o mesmo, ela evita a oxidação de células saudáveis (SCHIMTZ et al., 2005).

Ela é um importante quelante de metais e inibidora da lipoperoxidação, que é a introdução de um oxigênio molecular sobre os ácidos graxos da membrana celular, levando à destruição de sua estrutura, perda das trocas

metabólicas e diversos efeitos tóxicos a nível celular entre os mais importantes a citotoxicidade e, em última condição, à morte celular. Essa reação tem sido associada a muitos mecanismos celulares que podem se dar no aparecimento do câncer, inflamações e no processo de envelhecimento (SCHMITZ et al., 2005).

Possui propriedades como, elevado poder redutor e capacidade de neutralizar radicais através do mecanismo de transferência de elétrons. Tais propriedades são responsáveis pelos efeitos biológicos do chá verde (PORTO, 2002). Sua biodisponibilidade é de extrema importância para tais propriedades biológicas, para que as mesmas sejam movimentadas no organismo e realize suas funções corretamente (SCHMITZ et al., 2005).

Está presente no chá verde através de seus monômeros, a GC, a EC, a EGC, a ECG e a EGCG, onde a EGC é encontrada no mesmo em torno de 50 à 60%. O teor de catequinas no vegetal depende de alguns fatores externos, como a forma do processamento das folhas antes da secagem, localização geográfica do plantio e condições de cultivo (YANAGINOMOTO, OCHI, LEE, 2003).

A EGCG tem sido alvo de vários estudos, os quais segundo Senger (2010) têm demonstrado que pode ser um protetor contra alguns tipos de radiação, prevenindo o foto envelhecimento e diminuindo o risco de câncer de pele devido à prolongada exposição aos raios ultravioleta.

A concentração de catequinas na bebida varia de acordo com a preparação do chá que de um modo geral pode ser preparado utilizando um grama de folhas para 100 mL de água, fervendo por três minutos, onde se encontrará cerca de 35 a 45 mg/100 mL de catequinas dentre outros constituintes (SENGER, 2010).

Sabe-se que bebidas prontas são submetidas a tratamento térmico com o objetivo de resistir ao armazenamento e aumentar a vida de prateleira, o que pode aumentar a instabilidade das catequinas diminuindo a sua concentração em bebidas industrializadas comparados ao chá tradicional por infusão, como relatado em alguns estudos realizados por Chen et al. (2001).

O aquecimento a altas temperaturas pode ocasionar a epimerização (é uma reação onde se tem como produto diastereoisômeros que possuem a configuração absoluta oposta em somente um centro quiral) da catequina,

dependendo das condições de aquecimento, alterando sua composição qualitativamente e quantitativamente. As catequinas presentes no chá verde são epimerizadas em aproximadamente 50% durante o tratamento térmico, perdendo assim metade das suas propriedades benéficas (BAZINET et al., 2010).

Estudos mostraram que as catequinas são metabolizadas de forma rápida, no qual a EGCG, é excretada principalmente através da bile, enquanto a EGC e EC são excretadas pela urina e bile. A maior parte das pesquisas relatadas tem demonstrado que as presentes no chá verde podem exercer um papel benéfico em diversas morbidades, onde algumas delas já apresentaram dados controversos, mas a maioria têm demonstrado resultados positivos em relação ao uso do mesmo (SENGER, 2010).

A catequina quando está ligada a duas ou mais moléculas dela mesma é chamada de tanino do tipo condensado. Essa molécula é um melhor antioxidante do que somente o flavonoide da mesma, pois como ele é formado de três estruturas de catequina consegue reagir com três radicais ao mesmo tempo obtendo a quinona como produto (MONTEIRO, ALBUQUERQUE, LIMA, 2005).

#### **4.7 Técnica de extração de compostos fenólicos**

A extração de compostos fenólicos se baseia na difusão dos compostos de uma matriz sólida como amostras do alimento, utilizando uma matriz líquida o solvente. O processo pode ser dividido em duas etapas, onde na primeira etapa é realizada a moagem da planta para se obter uma maior área superficial e assim, o contato com o solvente será maior e mais eficiente será a extração. Na segunda etapa tem-se a difusão que pode ser dividida em duas fases sendo a primeira que ocorre dentro da fase sólida e a segunda etapa ocorre nas camadas externas das partículas (SOUSA, 2016)

A escolha do solvente deve ser realizada considerando-se alguns fatores, como a afinidade molecular entre solvente e soluto, a transferência de massa, segurança ambiental, a toxicidade do mesmo para humanos e viabilidade financeira. Sabe-se que metanol e misturas de metanol/água são os

solventes mais utilizados para extração de substâncias fenólicas (OLIVEIRA, 2014). Após a escolha do solvente, outros fatores devem ser considerados para que se obtenham ótimos resultados no processo de extração, como temperatura, tempo, tamanho das partículas da amostra e a proporção amostra/solvente.

A temperatura quanto maior, melhor será a eficiência da extração, porém elas devem ser analisadas calmamente, pois compostos fenólicos se deterioram em temperaturas extremas rapidamente. Altas temperaturas aumentam a eficiência da extração de forma que o calor torna as paredes celulares permeáveis aumentando assim, os coeficientes de solubilidade e a difusão dos compostos que são extraídos, diminuindo a viscosidade dos solventes, facilitando a passagem do solvente através da massa do substrato sólido e o processo subsequente de separação, filtração ou sedimentação (SOUSA, 2016).

O tempo é um fator de extrema importância uma vez que longos tempos de extração podem oxidar os compostos fenólicos da amostra. Entretanto, curtos períodos de extração podem não ser suficientes para a transferência completa dos solutos até a fase orgânica. Já o tamanho das partículas das amostras é o contrário do tempo, pois quanto menor a partícula, maior a área disponível para a transferência de massa. E por fim, para se ter uma alta transferência de massa, é necessário que a proporção amostra-solvente seja pequena, assim se obtêm uma boa extração de compostos fenólicos (OLIVEIRA, 2014).

Alguns métodos de extração têm sido discutidos para favorecer um tempo menor de extração de flavonoides do chá verde, como também a quantidade de solvente utilizado. Dentre eles são citados na literatura a extração assistida por ultrassom, extração líquida pressurizada, assistida por micro-ondas e por fluido supercrítico.

Pan (2003) e colaboradores observaram quatro sistemas de solventes e quatro tipos de extração, onde chegaram à conclusão de que a extração assistida por micro-ondas, seguida de um ultrassom foi a que melhor extraiu maiores quantidades flavonoides do chá.

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e Eletroforese Capilar são as técnicas, mais citadas na literatura, utilizadas para separação,

identificação e quantificação de catequinas presentes no chá verde. Porém, a mais escolhida por alguns autores é a cromatografia líquida com coluna C-18 em fase reversa com detecção por ultravioleta (DALLUGE, NELSON, 2000; ZUO, CHEN, DENG, 2002; SHARMA et al., 2005).

Encontra-se na Tabela 1 um resumo dos métodos utilizados por CLAE para se determinar os componentes do chá verde, tendo como principal a extração das catequinas.

Tabela 1- Métodos utilizados para determinação dos componentes do chá verde por CLAE

COMPOSTOS	COLUNA	FASE MÓVEL	DETECÇÃO	AUTOR
Ac. gálico; (+)-GC; (-)-EGC; (+)-C; CAF; (-)-EGCG; (-)-EC; (-)-GCG; (-)-ECG	Kingsorb <sup>®</sup> C-18 (150 x 4,6 mm, 5 µm)	MeOH: H <sub>2</sub> O: ác. ortofosfórico (20:79,9:0,1 VV)	Ultravioleta em 210 nm	Wang <i>et al.</i> , 2000
CAF; (-)-EGCG; (-)-EGC; (+)-C; (-) EC; (-)-ECG	Cosmosil <sup>®</sup> 5C18- MS (250 x 4,6 mm, 5µm)	MeOH: H <sub>2</sub> O: ác. fórmico (19,5: 82,5: 0,3 V/V)	Ultravioleta em 280 nm	Lin <i>et al.</i> , 2003
(-)-EGCG; (-)-EGC; (-)-ECG; (-)-EC; (-) GCG; (-)-GC; (-)-CG; (+)-C	Wakosil-II <sup>®</sup> 5C18 HG (150 x 3,0 mm, 5 µm)	(A) H <sub>2</sub> O: MeOH: ác. fosfórico (85:15:0,1 V/V) (B) H <sub>2</sub> O: MeOH: EtOAc: ac. fosfórico (85: 15: 1: 0,1 VV)	Ultravioleta em 280 nm	Nishitami e Sagesaka, 2004
(+)-C; (-)-EC; (-) EGC; (-)-EGCG; (-) ECG; CAF; AG; teobromina; teofilina	Lichrocart <sup>®</sup> C-18 (250 x 4,0 mm, 5 µm)	(A) ACN (B) água ácida (ác. ortofosfórico 0,1%)	Ultravioleta em 210 nm	Sharma <i>et al.</i> , 2005
CAF; (-)-EGC; (+)-C; (-)-EC; (-)-EGCG; (-)-ECG	XTerra <sup>®</sup> C-18 (100 x 3,9 mm, 3,5 µm)	(A) H <sub>2</sub> O: ACN: TFA (919:80:1 V/V) (B) H <sub>2</sub> O:ACN:MeOH: TFA (699:270:30:1 V/V)	Ultravioleta em 280 nm	Neilson <i>et al.</i> , 2006
CAF; (+)-C; (-)-EC; (-)-EGCG	Lichrosorb <sup>®</sup> C-18 (150 x 4,6 mm, 5 µm)	H <sub>2</sub> O: MeOH: ACN: EtOAc: ác. acético glacial (89:6:1:3:1 V/V)	Ultravioleta em 280 nm	Saito <i>et al.</i> , 2006

Fonte: adaptado de SAITO, 2007.

Observando a Tabela 1 viu-se que os trabalhos consultados utilizaram em geral a CLAE com coluna C-18 em fase reversa e detecção por ultravioleta.

Na literatura os solventes orgânicos mais utilizados e que foram considerados eficientes na extração dos componentes do chá verde são acetona, metanol, etanol e acetonitrila, sendo essa última considerada apenas para análises da composição da planta (ZUO, CHEN, DENG, 2002; PA, NIU, LIU, 2003).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste breve levantamento bibliográfico possibilitou uma análise contextualizada de alguns pontos que incluiu o chá verde, seus componentes e propriedades. Por tratar-se de uma bebida amplamente disponível e de baixo custo, é viável o seu uso em diversas patologias.

Concluiu-se também por atuais estudos científicos que a *C. sinensis* é uma planta importante para a saúde, assim as pesquisas com esse tipo de chá revelaram seu efeito sobre estados patológicos. Todavia, é sempre importante e válida a busca de novos resultados que ajudem a esclarecer os benefícios do chá verde, como também seus efeitos, uma vez que grande parte da população consome este chá por suas propriedades benéficas ao ser humano.

## REFERÊNCIAS

ANNELLI, C. L.; PEREIRA T. B.; DE OLIVEIRA L. C. N.; BERNARDO D. N. D.; GRIGOLETO B. M. Fat, Reduction of Body. Efeitos funcionais das catequinas do chá verde na redução de gordura corporal. **Revista Odontológica de Araçatuba**, v.37, n.2, p. 46-51, Maio/Agosto, 2016.

ARAÚJO, M. E. M. B. de. **Biossíntese de novos derivados acilados de flavonoides e avaliação in vitro de sua bioatividade**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Saúde da Universidade São Francisco, Bragança Paulista, p. 117, 2016.

ATOUI, A.K; MANSOURI, A.; BOSKOU, G.; KEFALAS, P. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. **Food Chemistry**, v. 89, p. 27–36, 2005.

BAZINET, L.; ARAYA-FARIAS, M.; DOYEN, A.; TRUDEL, D.; TÊTU, B. Effect of process unit operations and long-term storage on catechin contents in EGCG-enriched tea drink. **Food Research International**, v. 43, n. 6, p. 1692-1701, 2010.

BELTRAN, C. C.; SILVA, N. A. S.; GRIGNOLI, L. C. E.; SIMIONATO, M. I. V.; GRIGNOLI, C. R. E. Os benefícios do chá verde no metabolismo da gordura corporal. **Revista científica da FHO**, v.2, p. 41- 49, 2014.

BLANCO, A. R.; Os benefícios do chá verde (*Camellia sinensis*). Disponível em: <<http://jardimdeflores.com.br/sinergia/S08chaverde.htm>> Acesso em 19 novembro 2020.

CASTILHO, A. R.; MURATA, R. M.; PARDI, V. Produtos naturais em odontologia. **Revista Saúde.com**, v. 1, p. 11-19, 2007.

CHEN, Z. Y.; ZHU, Q. Y.; TSANG, D.; HUANG, Y. Degradation of Green Tea Catechins in Tea Drinks. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49, p. 477-482, 2001.

COLLINS, C.H., BRAGA, G.L., BONATO, P.S. Fundamentos de cromatografia. Campinas: Editora da UNICAMP, p. 17-23, 2006.

DALLUGE, J. J.; NELSON, B. C. Determination of tea catechins. **Journal of Chromatography A**, v.881, p. 411-24, 2000.

DE OLIVEIRA, N. C.; MENDES, D. R. G.. **AS PROPRIEDADES DA CAMELLIA SINENSIS (Chá verde)**, 2013. Disponível em <<https://www.senaaires.com.br/wp-content/uploads/2017/05/AS-PROPRIEDADES-DA-CAMELLIA-SINENSIS-Ch%C3%A1-verde.pdf>>. Consultado em 21 de novembro 2020.

DEWICK, P. M. **Medicinal natural products: a biosynthetic approach** 3. ed. Wiley, p. 550, 2012.

DUARTE, M. R.; MENARIM, D. O. Morfodiagnose da anatomia foliar e caulinar de *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, Theaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 4, p. 545-551, 2006.

FALCONE FERREYRA, M. L.; RIUS, S. P.; CASATI, P. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. **Frontiers in Plant Science**, v. 3, p., 2012.

FALLER, K. L. A. **Polifenóis, vitamina C e capacidade antioxidante de alimentos orgânicos e convencionais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Nutrição Josué de Castro. Rio de Janeiro, 2008.

FIRMINO, L. A. **Avaliação da qualidade de diferentes marcas de chá verde (camelliasinensis) comercializadas em Salvador-Bahia**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Farmácia, 2011.

FLAMBÓ, P. L. A. F. D. **Atividades Biológicas dos Flavonoides: Atividade Antimicrobiana**. Dissertação de Mestrado. Universidade Fernando Pessoa. Faculdade de Ciências da Saúde, 2013.

FREITAS, H. C. P.; NAVARRO, F. O chá verde induz o emagrecimento e auxilia no tratamento da obesidade e suas comorbidades. *Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*. v.1, n.2; p.16-23, 2007.

GIADA, M. Food phenolic compounds: Main classes, sources and their antioxidant power. In: MORALES-GONZÁLE, J. A. **Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases—A Role for Antioxidants**, Rijeka: InTech, cap. 4, p. 87–112, 2013.

GIL, A. Como elaborar projetos de pesquisa. **Atlas**, São Paulo, 2007.

<http://www.iq.usp.br/prmoreno/disciplinas/qfl/qfl034x/qfl0314/Exp05.pdf> Consultado em 03 de dezembro 2020.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 481-504, 2000.

HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 97-108, 2008.

LIU, R. H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 12S, p. 3479-3485, 2004.

LODI V.M.; NAVARRO F. Efeitos do chá verde (*Camellia sinensis*) na redução da gordura corporal e circunferência abdominal de mulheres praticantes de JUMP FIT de uma academia do município de São José-SC. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 5, n. 26, p. 122, 2011.

MATSUBARA, S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de catequinas e teafloavinas em chás comercializados no Brasil *Ciência Tecnologia Alimentação*, Campinas, v. 26, n. 2, p. 380-385, 401-407, 2006.

MIYAZAKI SF. Utilização do chá verde em cosméticos. **Cadernos de Prospecção**. v. 1, n. 1, p. 10-13, 2008..

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P. A., LIMA, E. Taninos: uma abordagem da química à biologia. **Química Nova**, v. 28, n.5, 2005.

NMLS - News Medical Life Sciences. Cromatografia líquida de alto desempenho. **News Medical**. Disponível em: [https://www.news-medical.net/life-sciences/High-Performance-Liquid-Chromatography-\(HPLC\)-\(Portuguese\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/High-Performance-Liquid-Chromatography-(HPLC)-(Portuguese).aspx). Acesso em 03 de fevereiro de 2020.

OLIVEIRA, R. M. M. De. Quantification of catechins and caffeine from green tea (*Camellia sinensis*) infusions, extract, and ready-to-drink beverages. **Food Science And Technology**, v. 32, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, D. S. **Nova metodologia para extração de compostos fenólicos de vinho tinto e avaliação da estabilidade dos extratos obtidos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2014.

PAGANINI-COSTA, P.; CARVALHODA-SILVA, D. Uma Xícara (chá) de Química. **Revista Virtual Química**, v.3, n.1, p.27-36, 2011.

PAN, X.; NIU, G.; LIU, H. Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. **Chemical Engineering and Processing**, v.42, p. 129-33, 2003.

PEREZ PMP, GUIMARÃES SEK. Estudo da Composição Nutricional dos Alimentos Funcionais. **Dolinsky M. Nutrição Funcional**. 1ª ed. São Paulo: Roca; pg. 37-64, 2009.

PORTO, P. A. L. S. **Estudo da atividade antioxidante de catequinas e procidinas oligoméricas**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Departamento de Química. 2002.

PROCHÁZKOVÁ, Dagmar; BOUŠOVÁ, I.; WILHELMOVÁ, N. Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. **Fitoterapia**, v. 82, n. 4, p. 513-523, 2011.

RENZ, S. V.; GONZÁLEZ, D. H. F. Oxidação e antioxidantes. **Seminário de bioquímica do tecido animal, no programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS**. Disponível em: < [http://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/oxid\\_antiox.pdf](http://www.ufrgs.br/lacvet/restrito/pdf/oxid_antiox.pdf)>, v. 10, n. 08, p. 2015, 2003. Consultado em 29 de novembro 2020.

ROCHA, J. S.; SOUZA, R. V. Síntese, caracterização e estudo das propriedades antioxidantes de complexos contendo quercetina e íons cobre. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 6, n. 3, p. 143-156, 2019.

SÁ, R. S. de; TURELLA, T. K.; BETTEGA, J. M. P. R. **Os efeitos dos polifenóis: catequinas e flavonóides da *Camellia sinensis* no envelhecimento cutâneo e no metabolismo dos lipídeos**, 2007. TCC (Graduação em Cosmetologia e Estética) – Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, 2007.

SAIGG, N. L.; SILVA, M. C. Efeitos da utilização do chá verde na saúde humana. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 7, n. 1, p. 69-89, 2009.

SAITO, S. T. **Estudo químico e avaliação da atividade antioxidante de chá verde brasileiro (*Camellia sinensis* var. *assamica*) cultivar IAC-259**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Farmácia da UFRGS de porto Alegre, 2007.

SAMPAIO, R.F., MANCINI, M.C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfbis/v11n1/12.pdf>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2020.

SCHIMITZ, W.; SAITO, A. Y.; ESTEVÃO, D.; SARIDAKIS, H. O. O chá verde e suas ações como quimioprotetor **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 26, n. 2, p. 119-130, 2005.

SCOTTI, L.; SCOTTI, M. T.; CARDOSO, C.; PAULETTI, P.; CASTRO-GAMBOA, I.; BOLZANI, V. D. S.; FERREIRA, E. I. Modelagem molecular aplicada ao desenvolvimento de moléculas com atividade antioxidante visando ao uso cosmético. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.43, n.2, p.153-166, 2007.

SENGER V. E. A. ; SCHWANKE C. H. A , MARIA G. V. G. ; Chá verde (*Camellia sinensis*) e suas propriedades funcionais nas doenças crônicas não transmissíveis, **Scientia Medica**, v. 20, n. 4, p. 292-300, 2010.

SHARMA, V.; GULATI, A.; RAVINDRANATH, S. D.; KUMAR, V. A simple and convenient method for analysis of tea biochemicals by reverse phase HPLC. **Journal of composition and Analysis**, v.18, p. 583-94, 2005.

SILVA P.S., NAVARRO F. Efeitos da ingestão de chá verde sobre oxidação lipídica no sedentarismo e no exercício. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v.1, n. 3, p. 45-60, 2007.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia do produto natural ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 486 p.

SOLOMONS, T. W. Graham; Fryhle, Craig B. Química Orgânica, vol. 1, P.437. 9ª ed. LTC, 2009.

SOUSA, L. dos S. **Extração e purificação dos compostos fenólicos presentes nas folhas de *Camellia sinensis***. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

YANAGIMOTO K., OCHI H., LEE K. G. Antioxidative activities of volatile extracts from green tea, oolong tea, and black tea. **J Agric Food Chemycal**, v. 51, p. 7396-73401, 2005.

ZUO, Y.; CHEN, H.; DENG, Y. Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, Oolong, black and pu-erh teas using HPLC with a photodiode array detector. **Talanta**, v.57, p. 307-16, 2002.