



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**



A VIAGEM DA TEOBROMINA DO CACAU AO CHOCOLATE.

JORGE HAMILTON SENA DIAS

ILHÉUS – BAHIA

2019



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA EXATAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**



PRODUTO DE MESTRADO - PROFQUI

A VIAGEM DA TEOBROMINA DO CACAU AO CHOCOLATE

História construída como produto do Mestrado apresentada ao Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas (DCET/UESC), através do Programa de Formação Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI/UESC) para obtenção do título de Mestre em Química, por Jorge Hamilton Sena Dias.

Linha de Pesquisa: Química da vida

Orientador: Prof. Dr. Márcio Luis Oliveira
Ferreira

Co-orientador: Prof.Dr. Bianco Alves Neto

ILHÉUS – BAHIA

2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Teobromina.....	36
Figura 2 Teobromina ligações	36
Figura 3 Química do chocolate	36
Figura 4 Chocolate	37
Figura 5 Cacau	37
Figura 6 Cacau cortado	39
Figura 7 Maias-Astecas-Incas-Tribais	39
Figura 8 Colheita do cacau	40
Figura 9 Colheita do cacau	40
Figura 10 Agricultores	41
Figura 11 Fermentação do cacau	41
Figura 12 Nib's	43
Figura 13 Pó de cacau	43
Figura 14 Alcaloides	44
Figura 15 Cadeias carbônicas do chocolate	44
Figura 16 Propano	45
Figura 17 Anidrido Maleico (teobromina)	45
Figura 18 Derivado do benzeno	45
Figura 19 Estrutura do benzeno	47
Figura 20 Tabela de funções orgânicas	47
Figura 21 Chocolate preto e branco	48
Figura 22 Leite com Chocolate	48
Figura 23 Cultivo do cacau	48

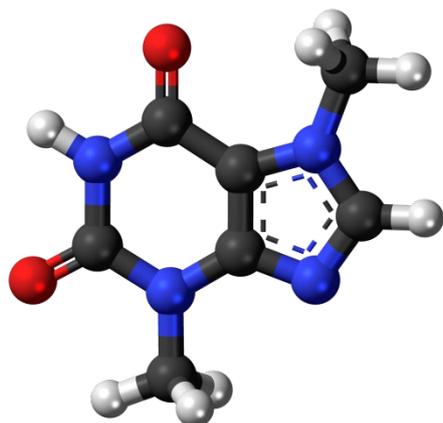
A VIAGEM DA TEOBROMINA: DO CACAU AO CHOCOLATE

(Produto do Mestrado PROFQUI-UESC)

Texto produzido em forma de monólogo, onde a **Teobromina** é a personagem, contando sua aventura desde a amêndoa do cacau até chegar ao chocolate, como sugestão de abordagem de conteúdos ligados à química orgânica, para uma turma do 1º ano do ensino médio.

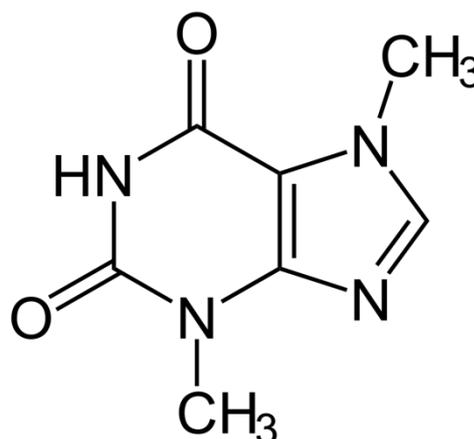
Ao final de cada parte, são colocadas sugestões de alguns prováveis conteúdos a serem discutidos com os discentes.

Figura 1 - Teobromina



Fonte: Página da wikimedia

Figura 2 - Teobromina



Fonte: Página da wikimedia

Figura 3 – Química do chocolate

6 C Carbon 12.0107	67 Ho Holmium 164.93032	27 Co Cobalt 58.933195	57 La Lanthanum 138.90547	52 Te Tellurium 127.60
------------------------------------	---	--	---	--

www.redstrawberries.co.nz

Fonte: Blog do jornal bioquímica

PARTE I - MONÓLOGO INICIAL DA PERSONAGEM TEOBROMINA

- Olá coleguinhas! Eu sou a **Teobromina** e vou contar uma história deliciosa para vocês. Deliciosa e com sabor e aroma de chocolate! Que tal?
- Hummm! Falando nisso, eu adoro chocolate e o meu preferido, sabem qual é?
- Meu preferido é o amargo, nada contra quem gosta do branco, afinal ele é bem mais docinho, não acham?
- Mas vocês sabiam que o branco não é tão chocolate assim? Sei que muitos vão me perguntar: O que ele é então?... Mas, daqui a pouco, todos vão saber, assim que começarmos a nossa viagem. Preparem a mala e vamos que vamos...
- Como toda viagem tem início, vamos começar pelo fruto dos deuses (risos). Tô brincando não coleguinhas. Se liguem: as civilizações ameríndias, sabem o que é Ameríndias não sabem? Incas, Maias, Astecas, tinham deuses e ofereciam a eles uma bebida feita com suco da amêndoa do cacau e outras ervas. Amargava mais que jiló!
- Sei que vocês podem estar perguntando, o que o nosso chocolate tem a ver com isso, mas já já vocês vão saber, pois vamos continuar nossa história.
- Falando nisso quem é que já preparou **chocolate** em casa?

Fig 4 - Chocolate



Fonte: Pxhere photo:

Fig 5 - Cacau



Fonte: Public domain picture

Sugestão pedagógica da parte I

Aqui faz-se um levantamento de saberes pré-existentes (subçunsores) a respeito do conhecimento sobre: o chocolate, a produção, o comércio, relação com a atividade local, produção artesanal (como é feito em casa/métodos), sua relação com a química, entre outros.

PARTE II - O FRUTO DO CACAUEIRO

- Quando me perguntam: **Teobromina**, de onde vem o chocolate? Eu respondo: “Eita pergunta difícil. Vem da amêndoa do cacau. Mas devolvo a pergunta, “em cima da bucha”, afinal eu sou da **química** e “mando ver”...
- Então me digam aí, por quais **processos físicos e químicos** passa o cacau, até chegar no chocolate e o que é cacau mesmo?
- Quando a gente fala de química, a turma “chega treme na base”, não é mesmo? Mas vamos começar pela história e geografia e seguir nossa viagem.
- O cacau, é o fruto da árvore do cacau, uma árvore originária das Américas. E que no Brasil é muito cultivada nas regiões Norte e **Nordeste** (Amazônia, Pará, **Bahia**...)
- Agora, vamos lembrar como surgiu o chocolate. Lembram que falei que as civilizações Asteca/Maias (ameríndios), faziam uma bebida com as amêndoas do cacau, para oferecerem aos deuses e a chamavam de xocolatl (xoco=cacau e latl=água). Pronto, essa água de cacau era amarga demais.
- Agora, vamos prá outra pergunta meu povo: Como se chama cientificamente o cacau?
- Aprendi em **Biologia: Theobroma Cacau L.**
- Pois é. E o que significa Theobroma? 1 (um) minuto prá vocês pensarem....
- Vocês vão logo no Google não é? ...**Theo=Deus e Bromo= comida**, logo **COMIDA DOS DEUSES**.
- Entenderam agora, a questão dos Astecas e a bebida dos deuses e por que meu nome é **Teobromina = comida dos deuses**?
- Viram que massa?! Acho que meus pais são fãs de cacau e chocolate, por isso colocaram meu nome como **TEOBROMINA**. E como diz o pessoal da química, eu sou uma substância, presente em maior percentual no cacau e chocolate.
- Hum! História, geografia, biologia e lá vem a química. Vamos seguir viagem.

Fig 6 - Cacau cortado



Fonte: Pixabay fotos

Fig 7 - maias-astecas-incas-tribais



Fonte: Pixabay vectors

Sugestão pedagógica da parte II

A química tem a ver com história, a evolução dos saberes empíricos, misturas, fenômenos físicos e químicos, produção de bebidas tipos chás, relação química e sociedade.

PARTE III - ECONOMIA SOCIEDADE E VASSOURA DE BRUXA

- Vou fazer outra pergunta para vocês: alguém aqui tem medo de bruxas?
- Ave Maria! Cruz Credo! Meu pai contava cada história de arrepiar sobre bruxas, a caipora, o boi tatá... Mas olha só! Existe uma **doença do cacauero, chamada vassoura de bruxa**. Pois é, na região Norte, eles aprenderam a conviver com ela, mas aqui na Bahia... Quando ela chegou foi uma “acabação” só... Um “Deus nos acuda”.
- Ruína da lavoura e queda na economia. Crise nas cidades e nas roças de cacau. Muitas fazendas fechadas, vendidas e outras passaram por desmatamento, para pastagens.
- E pasmem, isso gerou até um **problema ambiental**, já que o cacauero se utiliza de sombra das cabucas. Prá quem não sabe, as cabucas são pequenas áreas de cultivo do cacau, abertas dentro da mata, sem destruir toda a floresta.
- Fico a imaginar, se Jorge Amado fosse vivo hein?! Para contar a NOVA história dos coronéis do cacau...Fizeram grande fortuna no passado, mas muito dos trabalhadores, não foram cuidados com dignidade e respeito.
- De qualquer forma, algumas cidades se desenvolveram à sombra do cacauero: cabucas urbanas. Como diria um amigo meu: E vem aquela velha pergunta: “Prá onde foi o Ouro do cacau”...?
- Vamos voltar “prá” química do chocolate? Lembrando que tudo começa na plantação e colheita do cacau.
- “Simbora” meu povo!

Fig 8 – Colheita do cacau



Fonte:pxhere.com

Fig – 9 Colheita feijões de cacau



Fonte:pixnio.com

Sugestão pedagógica da parte III

Relação entre química, economia, política e consumo, como a química pode ajudar a melhorar o meio ambiente, biomassa, biocombustíveis, como o cacau ajudou a conservar a Mata Atlântica.

PARTE IV - COLHEITA E FERMENTAÇÃO

- Pessoal, vamos começar a preparar o chocolate? Me ajudem aí e vamos tentar acompanhar essa sequência. Se eu esquecer de alguma coisa, avisem-me.
- Primeiro, colhemos os frutos, abrimos a cabaça e retiramos as amêndoas. Depois, levamos para um recipiente, chamado cocho. Onde vai acontecer o quê?
- Eita pessoal! O primeiro processo químico: A FERMENTAÇÃO.
- Aqui, a glicose $C_6H_{12}O_6$ se transforma em: Álcool, Aldeído, Ácido Acético, Polifenóis... Começa um cheirinho bom de azedo.
- Como viajamos na geografia, agora é hora de dar valor as aulas de QUÍMICA. Espero não ter assustado ninguém, com esses nomes aí (Álcool, Ácido Acético, Glicose...)
- Mas vocês sabem, que a fermentação é uma reação, onde microrganismos atuam sobre substâncias, transformando-as em outras. Por exemplo: a glicose vira álcool.
- Tão lembrando? Azedar, apodrecer, avinagrar, são exemplos disso (fermentação).
- Agora tem uma novidade. Sabiam que esse processo de fermentação, muda o pH e cor das amêndoas? E sem ele, o gosto e o aroma do chocolate, não seriam os mesmos? Ou seja: pisar cacau na roça, tem uma importância química gigantesca.

- “Se liguem aí”, na equação química simples, que representa a fermentação. Molinho, molinho, pessoal! Vou mandar áudio: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_2H_5OH + CO_2$. Glicose fermentada se transforma em álcool etílico e gás carbônico. Identificaram as fórmulas aí?

- Tá todo mundo sabido hein?! E depois que fermenta?

- Secagem, meus caros amigos. Joga na barçaça, espalha e vai virando os caroços ao sol. Com isso, acontece uma desidratação, que protege as amêndoas de fungos e insetos. (nesse tempo, já mudou o pH, a cor da amêndoa)

- “Beleza”? Cacau fermentado e seco, as amêndoas vão para o beneficiamento artesanal ou industrial. Relembrando: qual o primeiro processo químico para produção do chocolate? **FERMENTAÇÃO**.

Fig 10 – Agricultores



Fonte: pixnio.com

Fig 11 - Fermentação do cacau



Fonte: icouldkillfordessert.com

→ Sugestão pedagógica da parte IV –

Reações químicas, fenômenos físicos e químicos, equações químicas, reação de fermentação, Potencial Hidrognônico (pH).

PARTE V - TEMPERAGEM MAILLARD E PRODUÇÃO DO CHOCOLATE

- Chegou a hora do chocolate pessoal. Vocês vão de Nibs, branco ou ao leite?
- Muita calma nessa hora. Antes disso e depois da secagem, vamos falar sobre a torta e a manteiga do cacau. Tem também a temperagem e a **reação de Maillard**.
- Na indústria de beneficiamento, as amêndoas são prensadas, e a **gordura do cacau**, é retirada, em forma de **manteiga amarelada** e a parte escura retirada é a torta, que contém muitas substâncias, que dão odor e sabor: os flavonóides.
- Tudo certo? Vamos lembrar, que acontece uma reação de escurecimento muito importante. Reação de Maillard (Nome do bioquímico francês que estudou esta reação).
- Nessa reação, que acontece em vários outros alimentos, não só no cacau/chocolate, **as proteínas presentes, reagem com o açúcar, produzindo substâncias de cor amarronzada, sem ação enzimática**.
- É uma reação muito importante na indústria alimentícia e acontece muitas vezes, nas cozinhas de casa (aquela pizza queimadinha, aquele pão torrãozinho...)
- O beneficiamento da torta escura e da branca é que irá fazer, os diversos tipos de chocolate. O chocolate ao leite, chocolate meio amargo e chocolate branco, que não é tão chocolate e sim manteiga de cacau. Hum! Que delícia. Amo chocolate branco! Ops! Quer dizer, manteiga de cacau.
- Alguém pode estar perguntando, se na temperagem se coloca tempero, cominho, alho e sal... (risos). Na temperagem, o cacau amargo (a torta de cacau) é misturado com açúcar, leite e lecitina de soja, para dar a consistência aprazível para o mercado consumidor.
- Ah! Já o Nib's, o chocolate amargo, feito com Nib's (pontas de amêndoa) ou com 60 % (sessenta por cento) a 80 % (oitenta por cento), somente de cacau amargo, na temperagem, a maior porcentagem da mistura vai ser de pó de cacau.
- E **recordando Maillard...Escurecimento produzido pela reação de açúcares e proteínas, sem a presença de enzimas**.

Fig 12 - Nib's



Fonte: pixabay.com

Fig 13 - Pó de cacau



Fonte: 905fm.com.br

→ Sugestão pedagógica da parte V -

Princípios da reação de Maillard, diferença entre Maillard/queimar/caramelizar, Classes das proteínas, aminoácidos e carboidratos.

PARTE VI - SUBSTÂNCIAS PRESENTES NO CHOCOLATE

- Se preparem, que a viagem agora fica cheia de nuvens químicas...Crem, Crem, Crem. O que vem por aí?

- Lembra, que quando falamos em fermentação, citamos um “bocado” de produtos? **Glicose, Álcool, Aldeído**? Pois é, além de mim **TEOBROMINA** (a melhorzinha é claro), outras substâncias químicas, estão presentes nesta viagem, são muitos os passageiros, do cacau até o chocolate. Vamos lembrar alguns?

É bom tirarmos uma foto de cada uma, para mostrar sua estrutura.

- Lá vamos nós... Cafeína – Fenilalanina.

- Teofilina - Triptofano.

- Polifênóis – Catequinas - Hexan-3-ona.

- E é claro, euzinha aqui, TEOBROMINA (3,7 dimetil xantina).

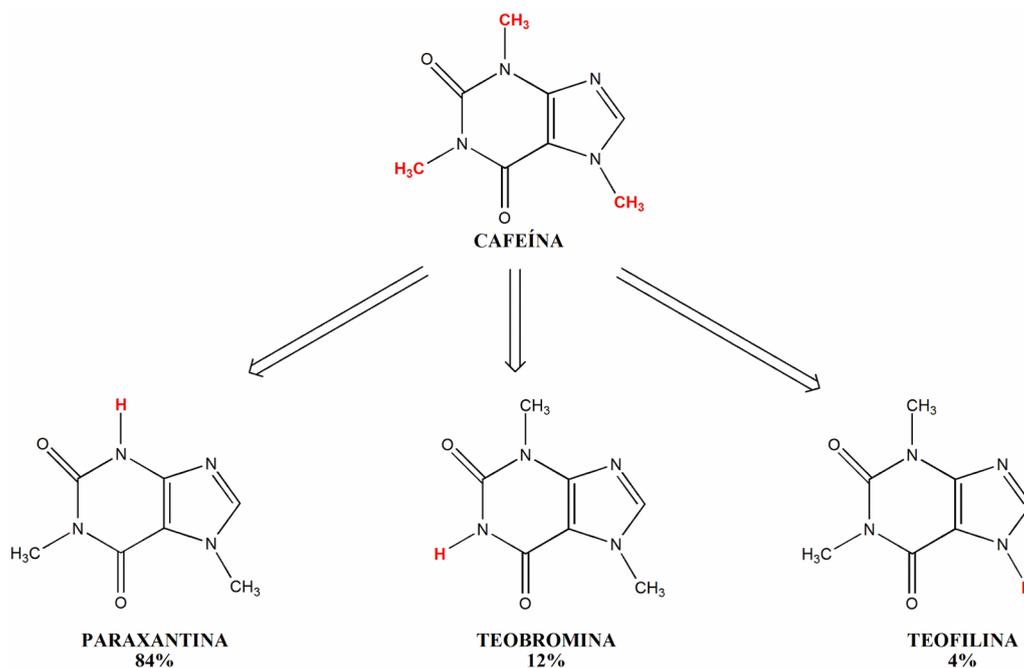
- Muito feliz com essas companheiras, substâncias de Viagem. Aqui “prá” nós, as estruturas de suas cadeias carbônicas são lindas de se ver. É uma paixão química.

- Mas olha, elas formam um desenho geométrico muito “massa”. E sempre com o C (carbono) como elemento central das substâncias.

- E aí tem o **C primário, o C secundário, o C terciário e o C quaternário**.

- Nossa! Como diria minha mãe Dona Raymunda “Válhame Deus e Nossa Senhora”!

Fig 14 - Alcaloides



Fonte: wikipedia.org

Fig 15- Cadeias carbônicas do chocolate



Fonte: pinterest.com

Sugestão pedagógica da parte VI –

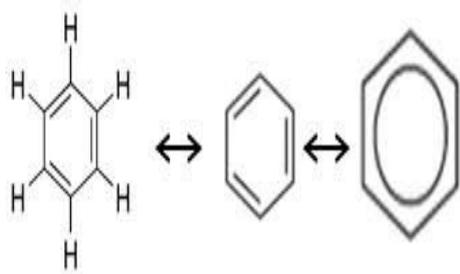
Química orgânica x teoria da força vital, ligações do átomo de Carbono, Classificação do Carbono na Cadeia.

Hidrocarbonetos, Cadeias carbônicas, radicais orgânicos e nomenclatura de hidrocarbonetos.

PARTE VIII - AS FUNÇÕES ORGÂNICAS

- Agora coleguinhas, tem umas coisinhas a mais sobre as substâncias químicas, presentes nesta viagem. São as malas que elas carregam, ou melhor dizendo, são as **funções orgânicas** presentes.
- Ah!, já ia me esquecendo... Outra coisa para lembrar: **não confunda os grupos funcionais**. Eles identificam todas as funções orgânicas e cada substância tem o seu grupo.
- Relembremos então, afinal, na viagem, não podemos esquecer as malas ou melhor, as funções:
 - **AMINA**, presença do grupo Amino - NH_2
 - Tem também **AMIDA**, possui o grupamento funcional $-\text{CONH}_2$
 - Cuidado para não confundir Amina com Amidas, nem com Amígdalas. (risos).
 - Temos as **CETONAS**, de grupo Carbonila $-\text{C}=\text{O}$.
 - Os **ÁCIDOS CARBOXÍLICOS**, que tem carboxila $-\text{COOH}$.
 - **ÁLCOOIS**, com a presença da hidroxila $-\text{OH}$.
 - Os **FENÓIS**, que se parecem com Álcool, mas são de cadeia aromática $\text{AR}-\text{OH}$.
- Epa! Esqueci o que é cadeia aromática. Mas isso é muito fácil, cadeia aromática é aquela que possui um **anel benzênico** (C_6H_6), formado geometricamente por um hexágono, possuindo ligações dupla e simples alternadas. Representado também por uma “pipa”, com uma circunferência no meio. Olha a figura aí embaixo.
- É só ter cuidado com o grupamento funcional, que dá a característica da função.
- É. Mas vamos devagar, que o santo é de barro. Vamos rever a tabela de funções e grupos funcionais?.

Fig 19 - Benzeno



Fonte: todamateria.com.br

Fig 20 – Tabela funções orgânicas

FUNÇÃO ORGÂNICA	GRUPO FUNCIONAL	NOMENCLATURA
Hidrocarboneto	N/A	Prefixo (número de carbonos) + infixo (tipo de ligações) + "o"
Álcool		Radical + terminação "ol"
Fenol		"Hidroxi" + nome do radical aromático
Éter		Radical aldoxi
Ácido Carboxílico		"Ácido" + radical + "óico"
Aldeído		Radical + terminação "al"
Cetona		Radical + terminação "ona"
Éster		Radical menor + "ato" + "de" + radical maior + "a"
Anidrido		"Anidrido" + nome dos ácidos que deram origem ao composto, em ordem alfabética
Amina		Radicais + "amina"
Amina		Radical + "amida"

Fonte: stoblog.s3.amazonaws.com

Sugestão pedagógica da parte VIII

Grupos funcionais e funções orgânicas.

PARTE IX – A VIAGEM DA TEOBROMINA

- Coleguinhas, já chegando ao final da viagem, quem sou eu mesma?
- A **TEOBROMINA**, uma metil xantina do grupo alcaloides. Estamos presentes desde a amêndoa até o chocolate final. Ligados a sensação de prazer, que o chocolate consegue dar a muitas pessoas.
- Sensação de bem-estar, melhoria do humor, alegria e energia. Indo do céu da boca ao cérebro, para essas sensações.
- Além de ser bronco-dilatador e vasodilatador. Uma beleza para coração e pulmão. Participamos dessa imensa viagem, com todas as outras substâncias (cafeína,

feniletilamina, ácido oxálico), que fazem parte do **maravilhoso mundo da química orgânica e suas funções. (álcoois, fenóis, cetonas, aldeídos).**

- Todas essas substâncias estão presentes, no nosso dia a dia, desde as roças de cacau, passando pelo primeiro processo químico da fermentação, até chegar ao delicioso chocolate.

- Nós influenciemos a economia do local onde o cacau é cultivado. Que é bem diferente de onde ele é industrializado. Que esses dois locais estejam sempre em harmonia como nós, para a sustentabilidade do planeta Terra, assim como a **cabruca** sustenta a Mata Atlântica e, para que tenhamos sempre uma deliciosa orgânica viagem do CACAU AO CHOCOLATE.

Fig 21:Chocolate preto e branco



Fonte: commons.wikimedia.org

Fig 22 – Leite com chocolate



Fonte: pxhere.com

Fig 23 – Cultivo dom cacau



Fonte: pixabay.com

Sugestão pedagógica da parte IX –

Propriedades nutricionais, terapêuticas e farmacêuticas do cacau e chocolate, estudo das cadeias carbônicas da cafeína, teobromina, feniletilamina e ácido oxálico. Revisão de grupos funcionais. Onde está a química orgânica?

REFERÊNCIAS DAS FIGURAS

Agricultores. Disponível em:<<https://pixnio.com/pt/pessoas/agricultores>>. Acessado em 04 de abril de 2019.

A química do chocolate Disponível em: <http://jornalbioquimicap.blogspot.com/2013/06/a-quimica-do-chocolate.html>. Acessado em 05 mai. 2019.

Anidrido maleico. 2010 Disponível em:
<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Maleic_anhydride_\(vertical\).svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Maleic_anhydride_(vertical).svg)>. Acessado em 05 de maio de 2019.

Benzeno. Disponível em:< <https://www.todamateria.com.br/benzeno/>>. Acessado em 06 de maio de 2019.

Cacau cortado. 2018. Disponível em:<<https://pixabay.com/pt/photos/cacaunatureza-chocolate-2968602/>>. Acessado em 05 de maio de 2019.

Cacau. 2016. Disponível em: < <https://www.publicdomainpictures.net/pt/view-image.php?image=2136>>. Acessado em: 05 de maio de 2019.

Cadeias carbônicas do chocolate. Disponível em:<
<https://br.pinterest.com/pin4823074413203537>>. Acessado em 06 de maio de 2019.

Chocolate. 2016. Disponível em: <<https://pxhere.com/pt/photo/112922>>. Acessado em 06 de maio de 2019.

Chocolate preto e branco. 2018. Disponível em:<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chocolate_\(blue_background\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chocolate_(blue_background).jpg)>. Acessado em 06 de maio de 2019.

Colheita do cacau. 2017. Disponível em:<<https://pxhere.com/pt/photo/1059773>>
Colheita feijões de cacau -equatoriano-amazon-colheita-feijoes-de-cacau-de-processo.<http://farolnews.com.br/wp-content/uploads/2019/04/cacau-cabruca.jpg>
Acessado em 02 de junho de 2019.

Cultivo do cacau. Disponível em:<<https://pixabay.com/pt/photos/cacau-cultivo-frutas-colheita-1529764/>>. Acessado em 02 de junho de 2019.

D Benzeno. 2006. Disponível em:

<<https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Derivadosdobenzeno.JPG> >. Acessado em 02 de junho de 2019.

Fermentação do cacau. Disponível em:<<http://www.icouldkillfordessert.com.br/wp-content/uploads/2016/05/fermentacao-cacau-onthecocoatrail-ickfd.j>>.

Acessado em 02 de junho de 2019.

Leite com chocolate. Disponível em:< <https://pxhere.com/pt/photo/1452797>>_. Acessado em 02 de junho de 2019.

Maias-astecas-incas-tribais. Disponível em:<<https://pixabay.com/pt/vectors/tanga-maias-astecas-incas-tribais-156052/>>. Acessado em 06 de maio de 2019.

Metabólitos da cafeína. 2010. Disponível

em:<https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Metabolitos_de_la_cafe%C3%Adna.png>.

Acessado em 02 de junho de 2019.

Nib's. Disponível em:<<https://pixabay.com/pt/photos/gr%C3%A3o-de-cacau-gr%C3%A3os-de-cacau-cacau-2522918/>>.

Acessado em 02 de junho de 2019.

Pó de cacau. Disponível em: <<https://905fm.com.br/wp-content/uploads/2019/04/images-2-1-600x400.jpeg>>. Acesso em 02 de junho de 2019.

Propano. 2012 Disponível em:< <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propane-2D-flat.png>>. Acessado em 02 de junho de 2019.

Tabela de funções orgânicas. Disponível em:

<<://stoblog.s3.amazonaws.com/images/2018/07/26/tabela.png>>. Acessado em 02 de junho de 2019.

Theobromin – Theobromine.svg. 2019. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theobromin_-_Theobromine.svg. Acessado em 05 mai. 2019

Theobromine 3D ball. png. 2019. Disponível em:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theobromine_3D_ball.png. Acessado em: 05 mai. 2019.