

CORANTES NATURAIS: ESTADO DA ARTE E REVISÃO DOS ASPECTOS QUÍMICOS PERTINENTES AO TEMA

Natural dyes: state of the art and review of chemical aspects relevant to the topic

Erika Matias da Silva¹, Adrielle Firmino da Silva², Odarlan Correia dos Santos³, Érik José Ferreira da Silva⁴, Bruna Oliveira Alves⁵, Celso da Silva Costa⁶ e Maria Gisely Martins dos Santos⁷

Resumo: Os corantes são insumos categoricamente explorados pela indústria nas mais diversas áreas, porém, o uso de corantes sintéticos vem causando danos à saúde e meio ambiente. Torna-se essencial a exploração de possíveis alternativas que sejam atóxicas aos seus usuários e ao meio, nesse contexto, o proveito das substâncias químicas naturais ganha espaço entre as pesquisas. Nesse cenário, foi realizada uma revisão de literatura de caráter qualitativo (analisando o que já foi trabalhado dentro do tema) e quantitativo (com a utilização dos artigos selecionados, foram observados os dados relacionados às universidades envolvidas, anos de publicação e revistas que mais publicam artigos nesse sentido), analisando os aspectos químicos relacionados ao tema. A grande maioria dos trabalhos encontrados se relacionavam com a aplicação dos corantes de origem natural nas indústrias: alimentícia, têxtil e em células solares sensibilizadas por corante (CSSC). O Brasil foi o país com maior número de aplicações, o maior pico de publicações foi no ano de 2013, tendo um decaimento e voltando a ter um número maior de publicações durante o ano de 2018. A Universidade de São Paulo possui o maior número de publicações e as revistas com mais publicações foram: Química Nova, AUTEX Research Journal e Journal of Natural Fibers.

Abstract: Dyes are inputs categorically explored by the industry in the most diverse areas, however, the use of synthetic dyes has been causing damage to health and the environment. It is essential to explore possible alternatives that are non-toxic to their users and to the environment, in this context, the use of natural chemical substances gains space among research. In this scenario, a qualitative literature review (analyzing what has already been worked on within the theme) and quantitative (with the use of the selected articles, data related to the universities involved, years of publication and journals that publish the most articles in this sense were observed), analyzing the chemical aspects related to the theme. The vast majority of the studies found were related to the application of dyes of natural origin in the following industries: food, textiles and dye-sensitized solar cells (CSSC). Brazil was the country with the highest number of applications, the highest peak of publications was in 2013, with a decline and returning to a higher number of publications during 2018. The University of São Paulo has the largest number of publications and the journals with the most publications were: Química Nova, AUTEX Research Journal and Journal of Natural Fibers.

Palavras Chaves:

Produtos naturais,
prospecção tecnológica,
conservantes naturais.

Keywords:

Natural products,
technological prospection,
natural preservatives.

¹Graduada em Química; Departamento de Química, Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL; Estudante; erika.matias@outlook.com

²Mestranda em Química; IQB - Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas – UFAL; Estudante; adriellequimica2019@gmail.com

³Graduando em Química; Departamento de Química, Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL; Estudante; odarlancorreia@gmail.com

⁴Graduando em Química; Departamento de Química, Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL; Estudante; erikjosefids.2018@gmail.com

⁵Graduanda em Química; Departamento de Química, Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL; Estudante; brunauneal19@gmmail.com

⁶Graduando em Química; Departamento de Química, Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL; Estudante; celsosilva@gmail.com

⁷Graduada em Química; Departamento de Química, Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL; Estudante; mariagisely@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Os corantes são substâncias químicas (naturais ou sintéticas), aplicadas com o objetivo principal de atribuir cor ou de repor a tonalidade natural perdida durante os processos de industrialização e/ou estocagem (ARAÚJO, 2019). Tais insumos possuem aplicabilidades nos mais diversos segmentos industriais, como: campo farmacêutico, alimentício, cosmético, plástico, indústrias fotográficas, têxteis, de papel e no desenvolvimento de células fotovoltaicas (CHEQUER et al., 2013; O'REGAN; GRAETZEL, 1991).

Com os avanços tecnológicos, os corantes de origem natural deram lugar aos sintéticos, que começaram a ser produzidos em larga escala. Esses são os usados majoritariamente pela indústria, tal fato pode ser explicado levando em consideração as vantagens que eles possibilitam, como o baixo custo de produção e maior estabilidade quando comparado à classe dos corantes de origem natural (DE SOUZA, 2020). Contudo, estudos recentes mostram que essas substâncias acarretam danos à saúde humana, podendo causar dermatite alérgica, irritação na pele, efeitos ecotoxicológicos negativos e bioacumulação em animais (SINHA; SAHA; DATTA, 2012).

Em contrapartida, os corantes naturais não apresentam evidências científicas de danos à saúde, de modo contrário, apresentam-se como insumos benéficos, pois além de possuírem composição natural e atóxica aos consumidores, também têm efeitos antioxidante, anti-inflamatória, antidiabético, anticancerígeno, entre outras (SILVA, et al., 2010; ROVARIS et al., 2020; POLEZE et al., 2020). Além disso, os pigmentos naturais possuem fontes ricas e diversificadas, podendo ser extraídos de plantas, insetos e fungos mediante processos como: destilação, decantação, precipitação e filtração (SILVA, 2018).

As legislações a respeito da utilização dos corantes artificiais variam de acordo com cada território. De acordo com a legislação brasileira, todos os alimentos, medicamentos e cosméticos que contenham corantes sintéticos devem apresentar em seus rótulos, embalagens e bulas, advertência sobre os seus efeitos colaterais e de proibição de consumo definidos. Além disso, apenas onze corantes artificiais são permitidos para o uso em bebidas e alimentos, sendo eles: Amarantho, amarelo crepúsculo, amarelo tartrazina, azorrubina, azul brilhante, azul de indigotina, azul patente v, verde rápido, vermelho 40, vermelho de eritrosina e ponceau 4R (DE SOUZA, 2012).

Os corantes possuem grande importância econômica na indústria brasileira. Em 2011 o Brasil importou 158,4 mil toneladas e exportou, no mesmo período, 62 mil toneladas de corantes e pigmentos (FRAGA; HARTZ; SCHEEREN, 2021). E, ainda que represente um percentual relativamente baixo, pouco a pouco os corantes naturais têm ganhado espaço no mercado (GAMARRA, et al., 2009). Diante de tal cenário, há um maior engajamento para que novas tecnologias sejam desenvolvidas e/ou aperfeiçoadas. Diante do já dito, com o fito de efetuar um levantamento de dados no que diz respeito ao monitoramento das aplicações dos corantes de origem natural, bem como das suas propriedades químicas, foi realizada uma revisão de literatura de caráter qualitativo e quantitativo com o intuito de compreender todos os aspectos relacionados à temática abordada.

2 METODOLOGIA

Este trabalho corresponde a uma pesquisa de revisão bibliográfica com uma prospecção tecnológica entre os meses de novembro de 2021 e março de 2022 a partir da análise de artigos científicos, teses, trabalhos de conclusão de curso e outros materiais encontrados durante a pesquisa. As buscas por artigos foram realizadas diretamente em bases de dados eletrônicas como: SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico, PubMed (US National Library of Medicine) e Portal Periódicos disponibilizado pela CAPES/MEC.

O levantamento de dados foi realizado em materiais encontrados em periódicos nacionais e inter-

nacionais (em língua portuguesa e inglesa), os quais foram denominados como “publicações”. Para as buscas, foram utilizadas combinações de descritores (“corante*”; “natur*” e “aplic* quim*”), a fim de restringir o tema dos artigos nas bases de dados, e sendo considerados as traduções correspondentes em língua inglesa.

No processo de seleção, foi realizada a leitura do título e do resumo das publicações, a fim de identificar aqueles que corresponderam a informações requisitadas, após isso, foi realizado um tratamento de dados a fim de excluir trabalhos duplicados, ao fim, 88 artigos restaram para as análises quantitativas e qualitativas (os estudos selecionados incluíam estudos experimentais e de revisão). Os artigos incluídos foram lidos integralmente e analisados, sendo a análise qualitativa enriquecida com informações de outros artigos encontrados posteriormente.

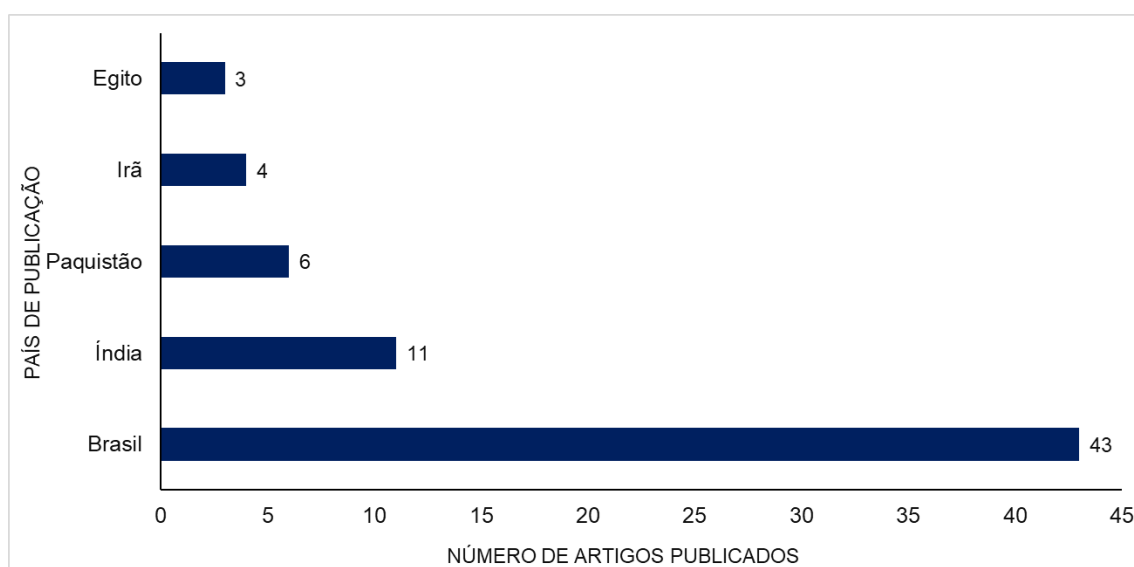
Também foram realizados os tratamentos dos dados quantitativos com o fito de analisar universidades e revistas com predomínio na quantidade de publicações sobre a espécie e verificar o número de publicações ao longo dos anos.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Resultados da busca quantitativa

Foi observado que o Brasil é o país que mais publicou artigos sobre corantes naturais (43 publicações, Figura 1), isso pode estar relacionado ao fato de que no país, o setor de alimentos representa cerca de 9,6% do Produto Interno Bruto (PIB) e o faturamento das empresas somou R\$ 656 bilhões no País em 2018, sendo R\$ 528,3 bilhões em alimentos e R\$ 127,7 bilhões em bebidas. Esse desempenho coloca o setor como o 1º maior em valor bruto de produção da indústria de transformação, segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (INVESTESP, 2018). Considerando que a maioria dos alimentos processados leva corantes e o mercado destes pigmentos está em franca expansão (MORITZ, 2005), a busca por corantes se torna significativa, diante desse cenário alimentício no país.

Figura 1: Países com maior número de publicações retornados a partir de buscas nas bases de dados escolhidas.



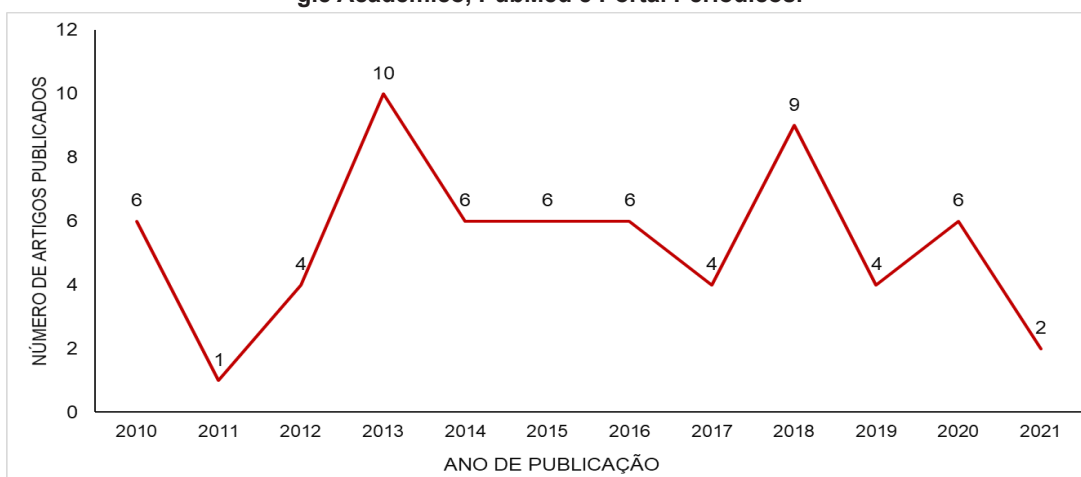
Fonte: Autores, 2022.

Ainda nesse contexto, entre os setores industriais, a produção têxtil adquire relevância, destacando-

-se a vestimenta, uma produção, que ocupa um espaço de distinção entre os bens que consumimos e fabricamos. O Brasil é um dos poucos países que detém toda a cadeia produtiva no setor têxtil, desde a produção da fibra à de roupas. Podendo citar etapas desde a produção da fibra, fiação, tecelagem, tinturaria, lavanderia, confecção e varejo. Dessa forma, buscar um maior desenvolvimento na produção de corantes torna-se muito relevante e necessário (BERLIM, 2020).

Ao analisar os dados nas bases estudadas, verificou-se que a partir de 2013 houve um decréscimo nas publicações de artigos (Figura 2), nesse mesmo período, o Brasil enfrentava uma crise econômica tendo início no ano de 2014 com alta desvalorização cambial, setor industrial com baixa demanda interna e externa, somado à baixa produtividade e competitividade. Até março de 2015, a produção industrial brasileira alcançou uma margem de queda de 5,9%, o setor de bens de capital caiu 18%, sinalizando menores investimentos (Empresa de Pesquisa Energética, 2015).

Figura 2: Anos com maior número de publicações retornados a partir de buscas nas bases SciELO, Google Acadêmico, PubMed e Portal Periódicos.

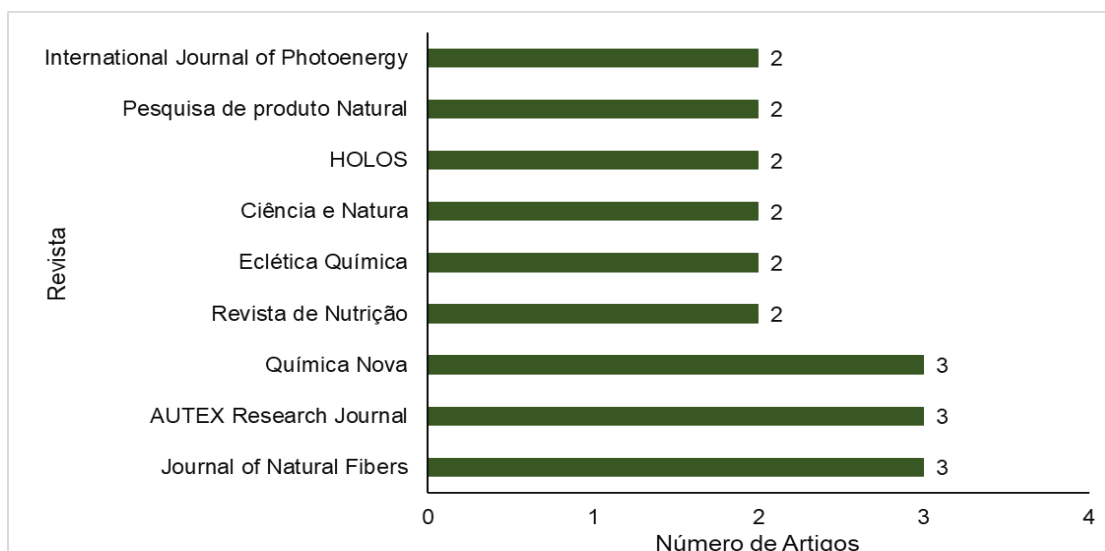


Fonte: Autores, 2022.

Quanto as revistas onde os trabalhos foram publicados, observa-se que os periódicos: Química Nova, AUTEX Research Journal e Journal of Natural Fibers foram as que mais publicaram artigos em relação a corantes de origem natural (Figura 3). Nos artigos publicados pela revista Química Nova (3 artigos), dois dos artigos tratam da degradação de corantes reativos, um por meio de eletrogeração e o outro por meio do sistema ferro metálico ambos usando peróxido de hidrogênio, o outro artigo tratou sobre células solares sensibilizadas por extratos naturais, onde utilizaram corantes a base de extratos naturais de *Morus alba* L., *Rubus idaeus* L. e *Vaccinium myrtillus* L., onde a *Morus alba* apresentou os melhores resultados.

Sobre os artigos publicados pela AUTEX Research Journal (3 artigos publicados), dois deles relatam o uso de um corante natural a partir do extrato da flor de calêndula para aplicação em coloração têxtil, já o outro artigo também relata o uso de corante natural para aplicação em coloração têxtil, mas foi utilizado para este o extrato do açafrão. Os artigos publicados pela Journal of Natural Fibers foram todos trabalhos visando o emprego de corantes naturais no tingimento têxtil, utilizando alguns métodos como radiação UV, influência do tratamento de micro-ondas e método de extração aquosa.

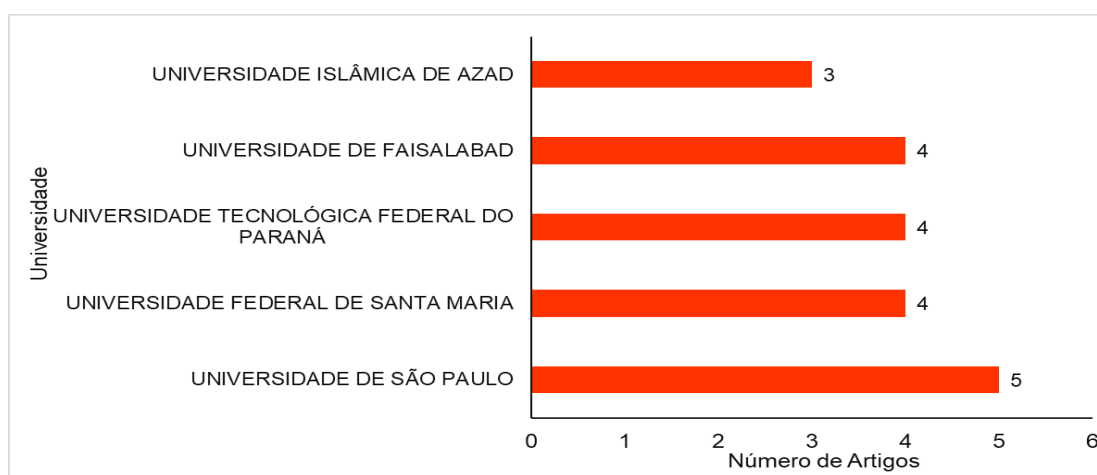
Figura 3: Revistas com maior número de publicações retornados a partir de buscas realizadas.



Fonte: Autores, 2022.

Em relação as universidades, é observado que a Universidade de São Paulo (USP), apresentou o maior número de artigos publicados relacionados à corantes naturais, com um total de 5 artigos (Figura 4). A Universidade de São Paulo é localizada no Brasil e em um ranking realizado em 2019 mostrou que essa mesma universidade ocupa o primeiro lugar no ranking de universidades que mais fazem pesquisas científicas no Brasil, a mesma também lidera no quesito de publicações. As Universidades Federal de Santa Maria e Tecnológica Federal do Paraná (4 artigos publicadas para ambas) também são universidades Brasileiras e ocupam, respectivamente, no ranking a posição 18^o e 64^o no quesito pesquisa científica, já no quesito publicações a Universidade Federal de Santa Maria ocupa a 15^a posição enquanto a Universidade Tecnológica Federal do Paraná ocupa a 34^a posição (FOLHA DE SÃO PAULO, 2019). Sendo assim, o fato de a USP apresentar uma maior quantidade de artigos publicados sobre corantes naturais, pode ter relação direta com seu número de artigos publicados, o que representa uma dedicação massiva à pesquisa científica.

Figura 4: Universidades com maior número de publicações retornados.



Fonte: Autores, 2022.

Dados consolidados pelo Observatório em Ciência, Tecnologia e Inovação e pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos mostram que a produção brasileira de artigos científicos cresceu 32,2% no ano

de 2020 em relação ao ano de 2015. No mesmo período, a produção global de artigos cresceu 27,1% (COSTA, 2021). O Brasil se mantém como o 13º maior produtor de conhecimento científico no mundo, com participação em 372 mil trabalhos publicados internacionalmente no período 2015-2020, segundo um relatório recente do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, organização social vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (ESCOBAR, 2021), explicando os números observados de produção científica, nesse contexto.

3.2 Análises qualitativas

3.2.1 Propriedades químicas dos corantes naturais

A utilização de corantes de origem animal, vegetal e mineral, é uma prática antiga. Muitas dessas substâncias eram obtidas de flores, sementes, bagas, frutos, cascas, madeiras e raízes de plantas (FERREIRA et al., 2004). Sendo extraídas através de processos complexos, integrando muitos procedimentos incluindo fermentação, filtração, destilação, maceração, entre outros (SCHUMAN; POLÔNIO; GONÇALVES, 2008).

Tais insumos são aplicados em vários segmentos industriais, dentre eles vale ressaltar os setores alimentício, cosmético e têxtil. Gerando grandes quantidades de contaminantes que são liberados em efluentes prejudicando os ecossistemas (HESSEL et al., 2007; ALLÈGRE et al., 2006; CARDOSO et al., 2011). Em relação à indústria alimentícia, a ingestão de alimentos é uma das principais vias de exposição do homem a diferentes compostos, visto que uma mistura complexa de agentes químicos é encontrada na dieta. Algumas das substâncias presentes nos alimentos podem ter efeitos mutagênicos ou carcinogênicos (ANTUNES; ARAÚJO, 2000).

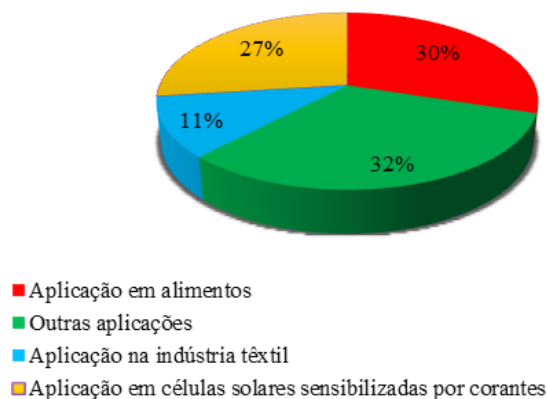
A natureza possui uma ampla gama de fontes de corantes naturais, esses são encontrados plantas, algas, micro-organismos, insetos, entre outros. Dentre o grupo de corantes naturais mais usados destacam-se os carotenoides que, além da coloração, podem apresentar atividades biológicas benéficas à saúde (MARTINS et al., 2016). Alguns dos mecanismos de ação dos carotenoides são: ação antioxidante (GARCIA et al., 2012), atividade anti-inflamatória (ARAÚJO et al., 2017), efeitos anticancerígenos (ÁVILA-ROMÁN et al., 2021), entre outros. Efeitos esses que são encontrados em vários outros corantes naturais.

Todavia, a aplicação dos corantes naturais na indústria é dificultada em razão do seu alto custo e baixa estabilidade, com isso as empresas optam pela utilização da classe dos sintéticos. Por isso muitos pesquisadores focam em desenvolver métodos de extração livre de substâncias tóxicas e técnicas que permitam dar maior estabilidade aos pigmentos vegetais, visando à ampliação do seu uso nos diversos setores industriais (GAMARRA et al., 2009; MATTÉ, 2013; GONÇALVES, 2015).

Diante disso, a análise dos trabalhos obtidos permitiu observar a distribuição das pesquisas voltadas ao estudo dos corantes naturais: aplicação na indústria têxtil (32%), aplicação no setor de alimentos (30%), aplicação em células solares sensibilizadas por corantes (27%) e outras aplicações diversificadas (11%) (Figura 5), demonstrando áreas de maior aplicação, onde foram concentradas as discussões apresentadas durante o estudo.

Além disso, foi possível observar uma variedade em relação à fonte de obtenção dos corantes naturais, como: fungos (HAMANO; OROZCO; KILIKIAN, 2005), urucum (MERCADANTE; PFANDER, 2001; TROMBETE et al., 2020), em frutas tais como maracujá (TARAZONA-DIAZ et al., 2020), jabuticaba (SILVA et al., 2010), uva (GONÇALVES, 2015), caju (DE SOUZA et al., 2020), amora, framboesa e mirtilo (PATROCÍNIO; MURAKAMI, 2010), em árvores, a exemplo, *Eucalyptus grandis* Hill (ROSSI, 2014), entre outros.

Figura 5 – áreas de aplicação dos corantes naturais retornadas das buscas nos bancos de dados: Google



Fonte: Autores, 2022.

3.2.2 A aplicação dos corantes da indústria de alimentos

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é o órgão responsável por regularizar a utilização dos corantes em alimentos, no entanto, baseia-se em normas e regulamentos internacionais designados pela Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), pelo Codex Alimentarius, da União Europeia e da Lista Harmonizada de Aditivos do Mercosul (Hamerski et al., 2013). Prado e Godoy (2007) explicam que a Legislação Brasileira aceita apenas corantes que especificam a Ingestão Diária Aceitável (IDA), estabelecidos por resultados toxicológicos determinados pela JECFA (como mutagenicidade e citotoxicidade). Este mesmo órgão propõe que cada país verifique, em suas especificidades, se o consumo total de cada aditivo não excede o valor estipulado de IDA, correspondendo a quantidades de ingestão diária, ao longo da vida, sem oferecer risco a curto ou longo prazo (Batista, 2020).

Investigações têm sido realizadas acerca dos corantes naturais e seu emprego na indústria de alimentos visando a substituição dos corantes sintéticos, em virtude dos danos causados à saúde e a busca por alimentos saudáveis (VALDUGA et al., 2008; GAMARRA et al., 2009; ALVARES et al., 2015; DE SILVIO et al., 2020; MERCADANTE; PFANDER, 2001; TROMBETE et al., 2020; SILVA et al., 2010; FERRACINI, 2015; MATTÉ, 2013; GONÇALVES, 2015). Nos vegetais, por exemplo, podem-se encontrar quatro grupos principais de corantes: clorofilas (verdes), carotenoides (amarelo, laranja e vermelho), antocianinas (vermelho, roxo e azul) e betaninas (vermelho) (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016).

Quimicamente falando, as antocianinas são flavonoides, moléculas polares consequentemente solúveis em água (PATIL; MASAND, 2018). Correspondem a um dos corantes mais empregues na indústria alimentícia (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002). Ademais, pesquisas recentes apontam as vantagens destes pigmentos para a saúde humana, principalmente por possuírem excelente atividade antioxidante (CARVALHO et al., 2021), potencial antidiabetes (MOJICA; BERHOW; DE MEJIA, 2017), atividade anticarcinogênica (DANIELLE MAGALHÃES; DUARTE MACIEL; CAPELARI ORSOLIN, 2017) e atividade anti-inflamatória (MAIA, 2015).

Nota-se que há um interesse em torno dos corantes de antocianinas. De modo a busca por métodos e técnicas que melhorem a estabilidade é atenuada, tal como o estudo realizado por Valduga et al. (2008), reportando a extração e encapsulamento das substâncias encontradas no bagaço da uva da cultivar "Isabel" (*Vitis labrusca*), tendo como resultado para a melhor condição de encapsulamento a utilização de proporções iguais de maltodextrina e goma arábica na qual o encapsulado apresentou 95 mg de antocianinas/100g. É de grande relevância salientar que além de trabalharem com antocianinas que até então tinham uma utilização restrita devido a baixa estabilidade em meio aquoso e pH acima

de 2, que são condições comumente aplicadas para processar e estocar alimentos, os autores focaram também no emprego da técnica de encapsulamento de corantes, conteúdo que até o momento do estudo eram encontrados poucos resultados na literatura.

A busca por fontes alternativas para extração de antocianinas em frutas também foi objetivo de pesquisa de Silva et al. (2010) que realizou a caracterização e avaliação da estabilidade dos corantes encontrados nas cascas da jabuticaba, os pigmentos naturais desse fruto foram associados a dois estabilizantes: maltodextrina e goma arábica. Segundo os autores, os pigmentos antociânicos mostraram-se mais estáveis quando utilizados somente o carboidrato maltodextrina na proporção de 30%. As cascas de jabuticaba se apresentaram como alternativa viável na obtenção de corantes. Em paralelo, Gamarra et al. (2009) desenvolveu seu estudo focado nos benefícios significativos das antocianinas extraídas do milho roxo, as quais já vinham sendo reportadas na literatura, no entanto os estudos anteriores não abordavam metodologias de extração desses pigmentos que fossem livres de substâncias tóxicas. Foram realizadas extrações e quantificações dos rendimentos das extrações dos corantes dos milhos roxo e vermelho, utilizando os métodos da imersão, lixiviação com algumas modificações e a extração supercrítica, por fim, o estudo mostrou que a lixiviação com algumas modificações foi o método mais eficiente nas extrações dos corantes (aproximadamente 88% de antocianinas), assim como na recuperação dos solventes (cerca de 85%), sendo o metanol o solvente mais eficiente durante a extração devido à afinidade das ligações.

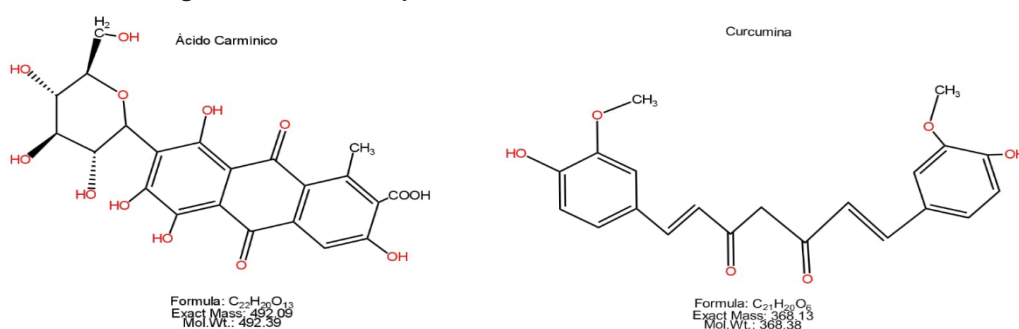
Os carotenoides também são corantes naturais de grande interesse para os pesquisadores, um dos principais motivos é seu amplo espectro de atividades biológicas. O urucum, por exemplo, é uma fonte promissora de carotenoides e objeto de estudo na comunidade científica (MERCADANTE; PFANDER, 2001). No Brasil, a cultura do urucuzeiro (*Bixa orellana*) e sua produção destinam-se à comercialização dos grãos moídos para a produção de colorífico e para a produção dos carotenoides denominados bixina, norbixina e nobixato (FABRI; TERAMOTO, 2015). Determinados a investigar a composição do urucum, Mercadante e Pfander (2001) realizaram a identificação de um novo carotenoide isolado de sementes de urucum, sendo reportado pelos autores como o primeiro relato da ocorrência de um álcool de alto peso molecular ligado ao carotenoide ácido. Também neste sentido Trombete et al. (2020) obtiveram um extrato lipídico rico em carotenoide bixina, a partir de sementes de urucum e avaliaram a viabilidade de seu uso como corante natural na formulação de pipoca de micro-ondas, demonstrando uma aplicação prática para a produção de um corante natural e afirmando o seu potencial para formulação e comercialização.

Durante a análise dos artigos verificou-se uma preocupação constante no que diz respeito a estabilidade dos corantes naturais, alguns autores reportam o estudo de técnicas que visem melhorar a estabilidade e diminuir o custo de produção, uma vez que estes aspectos que resultaram na substituição dos corantes naturais por sintéticos (FERRACINI, 2015; GONÇALVES, 2015). Observou-se que a técnica de encapsulamento tem sido bastante investigada, pois se trata de um procedimento amplamente aplicado na indústria de alimentos, no qual um aditivo, corante ou substância de interesse, é envolto por uma cápsula comestível. Essa tecnologia tem sido bastante utilizada, pois facilita a aplicação de ingredientes instáveis, além de melhorar o processamento e a textura dos ingredientes devido a uma menor higroscopicidade, aumento da solubilidade e capacidade de dispersão em diferentes tipos de materiais (AZEREDO, 2008; COMUNIAN; FAVARO-TRINDADE, 2016). Tal procedimento pode ser usado para conservar as propriedades de uma substância e impedir que a mesma seja degradada pela ação de fatores externos (CARVALHO; DAMASCENO, 2013).

Matté (2013) realizou o encapsulamento em dois corantes naturais: Carmim e Curcumina (Figura 6). O Carmim é o principal constituinte da cochonilha, essa substância é considerada um composto toxicologicamente seguro para ser utilizado em alimentos (FRANCIS, 1996). Em termos químicos trata-se de um composto orgânico derivado da antraquinona (CONSTANT; STRINGHETA; SANDI, 2002). Já a

curcumina é um composto fenólico usado como corante de alimentos, é um antioxidante natural proveniente da cúrcuma que tem sido extensivamente investigado (SUBRAMANIAN et al., 1994; KUNCHANDY; RAO, 1994). Esse fitoquímico exibe intensa atividade antidiabética (GUTIERRES, 2011), antioxidante, anti-inflamatória e antitumoral (TEIXEIRA, 2009). O processo de encapsulamento foi realizado em matriz polimérica de quitosana na forma de microesferas, de modo que foi estudado a liberação destes corantes individuais e em mistura, utilizando o pH e a temperatura como formas de liberação do corante e aplicando o corante encapsulado em balas de gelatina, os resultados obtidos pelo autor em relação a aplicação dos corantes naturais em microesferas de quitosana mostrou ser viável a aplicação destas microesferas em alimentos com pHs baixos, como a bala de gelatina, que possui pH em torno de 3,3.

Figura 6: Estruturas químicas do ácido carminico e curcumina.



Fonte: Autores, 2024

Gonçalves (2015) também realizou encapsulamento (com maltodextrina e goma arábica) e caracterização do corante extraído do bagaço de uva Isabel aplicando em frozen yogurt para avaliar sua aceitação e funcionalidade. O corante de uva Isabel encapsulado com maltodextrina e aplicado em frozen yogurt foi mais bem aceito pelos provadores, porém apresentou menor estabilidade da cor que o com goma arábica, sendo o último o mais efetivo na proteção dos compostos bioativos.

3.2.3 Aplicação dos corantes naturais como alternativa sustentável na indústria têxtil

A indústria têxtil é causadora de muitos impactos ambientais (MUTHU, 2017). Sendo os principais danos causados por este segmento ao meio ambiente, decorrentes do lançamento de efluentes não tratados em corpos d'água (BHATIA; DEVRAJ, 2017), que normalmente constituem 80% do total de emissões produzidas por esta indústria (WANG, 2016). A maior ênfase deve ser atribuída à grande quantidade de compostos não biodegradáveis, especialmente corantes têxteis (ORTS et al., 2018).

Neste contexto, Rossi (2014) realizou o estudo acerca do resíduo líquido do tratamento com vapor da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, mostrando-se com um corante natural com potencial de aceitação na indústria têxtil, visando o tingimento de algodão, lã e nylon. Destacando que por ser um produto de origem natural, o tratamento de efluente pelos tingimentos poderia ser realizado por biodegradação. Outros autores também abordam essa investigação por corantes naturais para sua aplicação no tingimento de tecidos, sendo verificada uma variedade de matéria-prima para obtenção desses corantes, Jothi (2008), por exemplo, conduziu estudos sobre o uso de um extrato isolado de calêndula africana como corante natural, o potencial de tingimento do extrato foi avaliado e utilizando a flor, em tecidos 100% algodão e seda em condições normais de tingimento, foi evidenciado um potencial para aplicação.

Mirjalili e Karimi (2013) estudaram a extração de corantes da noz, o extrato obtido foi usado no tingimento de tecidos de poliamida, os resultados indicaram que a poliamida tingida com noz apresenta excelente atividade antibacteriana e exibiu propriedades de solidez boas e duráveis.

3.2.4 Aplicação dos corantes naturais em células solares sensibilizadas por corante (CSSC)

O interesse científico relacionado ao uso de substâncias extraídas a partir de corantes naturais e sua aplicação em células solares de dióxido de titânio (TiO_2) sensibilizadas por corante surgiram em 1990 e representam uma alternativa viável para a produção de módulos solares de baixo custo (O'REGAN; GRAETZEL, 1991). O princípio de funcionamento desses dispositivos é baseado na capacidade que o corante possui em ejetar elétrons para a banda de condução do semicondutor (TRACTZ et al., 2018). Os corantes mais utilizados são os complexos metálicos baseados em rutênio, contendo grupos coordenantes capazes de se adsorverem na superfície do semicondutor. Todavia, o alto custo inviabiliza o uso desses dispositivos em larga escala, sendo assim o estudo de substâncias presentes em pigmentos naturais e seu potencial emprego para a geração de energia são de extrema importância (AGNALDO et al., 2006). Diante disso, pesquisadores vêm desenvolvendo CSSC de baixo custo, obtidas por meio de produtos naturais (KUMARA et al., 2017; YUSSOF et al., 2014).

Tendo conhecimento da grande diversidade de plantas encontradas na floresta amazônica, Amâncio et al. (2021) reporta a fabricação e caracterização de CSSC sensibilizadas com pigmentos vegetais em algumas plantas pertencentes a flora amazônica, sendo elas: *Euterpe oleracea*, *Arrabidaea chica*, *Bixa orellana*, *Genipa americana* e *Myrcia sylvatica*, os corantes foram coletados de frutos, folhas, sementes, polpa e caule. Os resultados experimentais mostraram o potencial dos corantes vegetais extraídos da floresta Amazônica para responder à demanda por fontes de energia renovável especificamente para células solares de baixo custo.

Com um objetivo semelhante Feitosa, Sousa e Cavalcante (2016) investigaram o uso de sensibilizadores utilizados a partir de corantes naturais extraídos de pétalas de duas plantas ornamentais encontradas no Brasil: *Nerium oleander* e *Portulaca grandiflora*. Os resultados de UV-vis mostram que os extratos obtidos apresentam picos na região visível, sendo viável na utilização em CSSC. Além disso, entre os extratos obtidos e testados o melhor fotosensibilizador foi o extrato etanólico da planta *Nerium oleander*.

Na busca de substâncias presentes nos pigmentos naturais, mais uma vez verifica-se o uso promissor das antocianinas, o emprego delas nos DSSC justifica-se pela presença de diferentes grupos cromóforos em sua estrutura, por exemplo as carbonilas e as hidroxilas as quais absorvem energia e coordenam na superfície do semicondutor, sendo o seu mecanismo geral de quelatação na superfície do dióxido de titânio (KUMARA et al., 2017; AL-ALWANI et al., 2016). Patrocínio e Murakami (2010) relataram o uso de antocianinas presentes na amora (*Morus Alba* L.), framboesa (*Rubus Idaeus* L.) e mirtilo (*Vaccinium myrtillus* L.) como sensibilizadores em células solares. É relevante destacar que a eficiência de conversão desses dispositivos depende dos extratos empregados e pode ser racionalizado em termos de sua composição e propriedades espectrais. Os autores também dão ênfase que os extratos com alto conteúdo de antocianinas contendo o flavonoide cianidina são capazes de adsorverem fortemente à superfície do semicondutor, mas a eficiência de injeção de elétrons e geração de fotocorrente é dependente dos grupos glicosídeos ligados aos flavonoides. Em relação as frutas investigadas, o extrato de amora (*Morus Alba* L.) mostrou-se mais eficiente como sensibilizador e o dispositivo preparado com o mesmo se manteve estável no mínimo por 20 semanas, apresentado um resultado similar ao dispositivo com o corante sintético.

Ludin et al. (2018) extraiu clorofila e ternatina das folhas de *Zingiber officinale* e flores de *Clitoria ternatea*, os extratos obtidos foram aplicados como DSSC sendo que o mais promissor foi a clorofila das folhas de *Z. officinale*. Tractz (2018) avaliou eletroquimicamente a célula produzida e propôs um modelo de adsorção a fim de explicar o comportamento físico-químico do corante extraído do *Hibiscus* sob solução etanoica acidificada, em partículas de TiO_2 . O sistema produzido com corante extraído *Hibiscus* em maior concentração ($5,27 \text{ mg.L}^{-1}$), foi o que apresentou os melhores resultados fotoeletroquímicos,

o melhor aproveitamento energético encontrado, equivalente a 0,15% mostra que nessas condições, houve uma maior adsorção do corante na superfície do TiO_2 , os dados experimentais corroboram para uso promissor do extrato extraído de *Hibiscus* como DSSC.

Os artigos mencionados anteriormente têm um aspecto importante em comum: os corantes naturais usados nas células solares de TiO_2 objetivam facilitar a preparação, reduzir os custos e sendo uma alternativa eficaz para a substituição dos corantes de Ru (II) e de porfirinas, estes que necessitam de etapas de síntese e purificação que envolvem complexidade e alto custo (TRACTZ et al., 2018; SONAI, 2015). Ademais, a substituição do corante sintético pelo extrato natural diminuiria drasticamente o custo das células solares sem provocar uma queda de mesma intensidade na eficiência e na estabilidade, o que torna ainda mais viável a aplicação desses dispositivos em larga escala. (PATROCÍNIO; MURAKAMI IHA, 2010).

3.2.5 Outras aplicações importantes

Outra aplicação importante dos corantes naturais é o seu emprego para fins educacionais, como abordam os autores Cuchinski, Caetano e Dragunski (2010) realizando uma investigação acerca do comportamento do extrato aquoso e alcoólico da beterraba (*Beta vulgaris*) como um indicador ácido-base, tendo como objetivo principal despertar o interesse pelo uso dos indicadores naturais, como alternativa didática para transmissão dos conceitos de titulação, equilíbrio químico e a lei de Lambert-Beer. Já Soares; Silva e Cavalheiro (2001) empregaram os corantes naturais obtidos de flores de quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), unha de vaca (*Bahuinia variegata*) e da casca de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*), em experimentos de identificação de substâncias ácidas ou básicas, tais como, vinagres, sucos de fruta e detergentes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já se é sabido, os corantes de origem sintética causam danos aos seus usuários e ao meio ambiente, neste sentido, os estudos envolvendo a aplicação e aspectos químicos que compreendem os corantes de origem natural ganham força.

A análise realizada mostra o Brasil como o país que mais publicou artigos sobre corantes naturais, possuindo 43 publicações ao todo, maior parte dos trabalhos foram publicados nos anos de 2013 e 2018 e a universidade com maior número de publicações é a USP. Em relação às revistas onde os trabalhos foram publicados, a Química Nova, o Autex Research Journal e o Journal of Natural Fibers foram as que mais publicaram artigos em relação à corantes de origem natural.

Quanto ao campo alimentício, notou-se uma tendência tecnológica de encapsulamento de moléculas, tendo em vista uma maior estabilidade e segurança na aplicabilidade, ainda nesse sentido, as antocianinas mostraram-se moléculas promissoras.

Trabalhos no campo têxtil ainda são limitados, demonstrando que carecem de desenvolvimento tecnológico e estudos que difundam o uso de corantes naturais em tal área industrial.

No que se refere sua aplicação em células solares de dióxido de titânio (TiO_2), a tecnologia mostrou ser uma tendência crescente, podendo substituir materiais e métodos convencionais, diminuindo o custo das células solares sem diminuição na eficiência e na estabilidade.

Além disso, o uso em sala de aula para contextualização de assuntos do componente curricular química também foi aplicado, obtendo resultados interessantes.

5 REFERÊNCIAS

- AGNALDO, J. S. et al. Células solares de TiO₂ sensibilizado por corante. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 77-84, 2006.
- AL-ALWANI, Mahmoud A. M. et al. Células solares sensibilizadas por corantes: desenvolvimento, estrutura, princípios de funcionamento, cinética electrónica, caracterização, materiais de síntese e fotossensibilizadores naturais. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 183-213, 2016.
- ALLÈGRE, Carine et al. Tratamento e reaproveitamento de efluentes de tingimento reativos. **Journal of Membrane Science**, v. 269, n. 1-2, pág. 15-34, 2006.
- ÁLVARES, Virgínia de Souza et al. Efeito de diferentes concentrações de corante natural de açafraão-da-terra na composição da farinha de mandioca artesanal. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 256-262, 2015.
- AMÂNCIO, Moisés do Amaral et al. Corantes naturais da floresta Amazônica: potenciais aplicações em células solares fotosensibilizadas por corante. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, 2021.
- ANTUNES, Lusânia Maria Greggi; ARAÚJO, Maria Cristina Paiva. Mutagenicidade e antimutagenicidade dos principais corantes para alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. 2, p. 81-88, 2000.
- ARAÚJO, Emiliane Rodrigues de. **Validação de método espectrofotométrico UV-VIS e espectrofluorimétrico para determinação de corante vermelho de origem biotecnológica associado a nanocarreadores**. 2019. 74 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2019.
- ARAÚJO, Joniel Mendes de et al. **Avaliação da atividade anti-inflamatória docarotenoide bixina em ratos submetidos ao modelo de colite ulcerativa induzida por ácido trinitrobenzenossulfônico**. 2017.
- ÁVILA-ROMÁN, Javier et al. Anti-inflammatory and anticancer effects of microalgal carotenoids. **Marine Drugs**, v. 19, n. 10, p. 531, 2021.
- AZEREDO, HMC de. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 16, n. 1, p. 89-97, 2008.
- BATISTA, Jordana Vitória Ribeiro. (2020). **Microbiologia dos alimentos e o papel dos conservantes: revisão bibliográfica**. Tese (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Cesumar. Maringá (PR), 2020.
- BERLIM, Lilyan. **Moda e sustentabilidade: uma reflexão necessária**. Estação das Letras e Cores Editora, 2020.
- BHATIA, S. C.; DEVRAJ, Sarvesh. **Pollution control in textile industry**. WPI Publishing, 2017.
- CARDOSO, Natali F. et al. Application of cupuassu shell as biosorbent for the removal of textile dyes from aqueous solution. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 4, p. 1237-1247, 2011.
- CARVALHO, Kamilla Alves; DAMASCENO, Sandra Matias. **EXTRAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DE CORANTE NA-**

TURAL DA BETERRABA VERMELHA. **Revista Intercâmbio**, v. 4, n. 1, p. pág. 285, 2013.

CARVALHO, Marcio Lucas Dantas et al. AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE DIFERENTES PARTES DO ARAÇÁ-VERMELHO (PSIDIUM CATTLEYANUM SABINE). **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 13, n. 3, 2021.

CHEQUER, F. M. Drumond et al. Têxtil dyes: dyeing process and environmental impact. **Eco-friendly têxtil dyeing and finishing**, v. 6, n. 6, p. 151-176, 2013.

COMUNIAN, Talita A.; FAVARO-TRINDADE, Carmen S. Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols and omega-3 fatty acids: A review. **Food Hydrocolloids**, São Paulo, v. 61, p. 442–457, 2016.

CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa; STRINGHETA, Paulo Cesar; SANDI, Delcio. Corantes alimentícios. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 20, n. 2, 2002.

COSTA, Vivian. **Produção brasileira de artigos cresce 32% em 2020 em relação a 2015**. 2021. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/producao-brasileira-de-artigos-cresce-32-em-2020-em-relacao-a-2015/> acesso em: 7 de fev. de 2022.

CUCHINSKI, Ariela Suzan; CAETANO, Josiane; DRAGUNSKI, Douglas C. Extração do corante da beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. **Eclét. Quím.**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 17-23, 2010.

DANIELLE MAGALHÃES, Monique; DUARTE MACIEL, Álisson; CAPELARI ORSOLIN, Priscila. Efeito anticarcinogênico dos flavonoides do tipo antocianina presentes em amora-preta (*rubus* spp.), identificado por meio do teste para detecção de clones de tumores epiteliais (wts) em *Drosophila melanogaster*. **Revista de Medicina e Saúde de Brasília**, v. 6, n. 1, 2017.

DE FRAGA, Karina Rodrigues; HARTZ, Tais Port; SCHEEREN, Carla Weber. Processos oxidativos avançados eficientes na degradação de corantes alimentícios. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50161-50171, 2021.

DE SILVIO, Vanessa Martins et al. Parâmetros físicos e químicos do açafraão e uso como corante em iogurte grego saborizado com geleia de maracujá. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e117953244-e117953244, 2020.

DE SOUZA, Elaine Cristina et al. A química dos corantes: um estudo sobre a obtenção de um corante natural proveniente do bagaço do caju. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e225996859-e225996859, 2020.
DE SOUZA, Rosilane Moreth. Corantes naturais alimentícios e seus benefícios à saúde. **Centro Universitário Estadual da Zona Oeste–UEZO**, Rio de Janeiro, 2012.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2015). **Caracterização do cenário econômico para os próximos 10 anos (2015-2024)**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-264/DEA%2012-15%20NT%20Cenario%20economico%202015-2024vf%5B1%5D.pdf> acesso em: 22 de janeiro de 2022.

ESCOBAR, Herton. **Dados mostram que ciência brasileira é resiliente, mas está no limite**. 2021. Disponível

em: <https://jornal.usp.br/universidade/politicas-cientificas/dados-mostram-que-ciencia-brasileira-e-resiliente-mas-esta-no-limite/> acesso em: 7 de fev. de 2022.

FABRI, Eliane Gomes; TERAMOTO, Juliana Rolim Salomé. Urucum: fonte de corantes naturais. **Horticultura brasileira**, v. 33, n. 1, p. 140-140, 2015.

FEITOSA, Alexandra de Vasconcelos; SOUSA, José Hugo de Aguiar; CAVALCANTE, Francisco Sales Ávila. Células solares sensibilizadas com corantes naturais extraído das plantas Nerium oleander e Portulaca grandiflora. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1191-1196, 2016.

FERRACINI, Luana dos Anjos. **Microencapsulação e avaliação da estabilidade do corante natural extraído da casca da jabuticaba (Myrciaria spp.) para aplicação em alimentos**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FERREIRA, Ester SB et al. The natural constituents of historical textile dyes. **Chemical Society Reviews**, v. 33, n. 6, p. 329-336, 2004.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Ranking por pesquisa científica**. 2019. Disponível em: <https://ruf.folha.uol.com.br/2019/ranking-de-universidades/pesquisa/> acesso em: 22 de janeiro de 2022.

FRANCIS, F. J. Less common natural colorants. In: HENDRY, G. A. F; HOUGHTON, J. D. **Natural food colorants**. 2nd ed. Glasgow: Blackie Academic and Professional, p. 310-335, 1996.

GAMARRA, Felix Martin Cabajal et al. Extração de corantes de milho (Zea mays L.). **Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 62-69, 2009.

GARCIA, Carlos Eduardo Rocha et al. Carotenoides bixina e norbixina extraídos do urucum (Bixa orellana L.) como antioxidantes em produtos cárneos. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1510-1517, 2012.

GONÇALVES, Heloisa Moraes. **Resíduo de uva Isabel (Vitis labrusca)–encapsulação, avaliação e aplicação do corante em frozen yogurt**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Google Acadêmico. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>

GUTIERRES, Vânia Ortega. **Avaliação dos efeitos fisiológicos e bioquímicos do tratamento com curcumina incorporada ao iogurte no diabetes experimental**. 2011.

HAMANO, Patricia Sanae; OROZCO, Sandra Fernanda Bilbao; KILIKIAN, Beatriz Vahan. Concentration determination of extracellular and intracellular red pigments produced by Monascus sp. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. SPE, p. 43-49, 2005.

HAMERSKI, Lidilhone; REZENDE, Michelle Jakeline Cunha; DA SILVA, Bárbara Vasconcellos. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 3, p. 394-420, 2013.

HESSEL, C. et al. Guidelines and legislation for dye house effluents. **Journal of Environmental Management**, 83, p. 171-180, 2007.

INVESTESP. **Setores de negócios: Alimentos**. 2018. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/setores-de-negocios/alimentos/> acesso em: 7 de fev. de 2022.

JOTHI, D. (2008). Extraction of natural dyes from African marigold flower (*Tagetes erecta* L.) for t xtile coloration. **Autex Research Journal**, v. 8, n. 2, pág. 49-53, 2008.

KUMARA, N. T. R. N. et al. Recent progress and utilization of natural pigments in dye sensitized solar cells: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 301-317, 2017.

KUNCHANDY, Elizabeth; RAO, M. N. A. Oxygen radical scavenging activity of curcumin. **International journal of pharmaceuticals**, v. 58, n. 3, p. 237-240, 1990.

LUDIN, Norasikin A. et al. Utilization of natural dyes from zingiber officinale leaves and clitoria ternatea flowers to prepare new photosensitisers for dye-sensitised solar cells. **Int. J. Electrochem. Sci**, v. 13, n. 8, p. 7451-7465, 2018.

MAIA, Afonso Pinho da Silva. **Atividade anti-inflamatória de extrato fenólico de tomate roxo (*Solanum Lycopersicum* L.) em camundongo em modelo de peritonite induzido pelo LPS**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARTINS, Natália et al. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 52, p. 1-15, 2016.

MATT , Grasielle M nica. **Microencapsula o de corantes naturais em microesferas de quitosana preparadas pelo método de coacerva o**. 2013. Disserta o de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MERCADANTE, Adriana Zerlotti; PFANDER, Hanspeter. Caracteriza o de um novo carotenóide minoritário de urucum. **Food Science and Technology**, v. 21, n. 2, p. 193-196, 2001.

MIRJALILI, M.; KARIMI, L. Extra o e caracteriza o de corante natural de cascas de nozes verdes e seu uso no tingimento de poliamida: enfoque nas propriedades antibacterianas. **Journal of Chemistry**, p. 1-9, 2013.

MOJICA, Luis; BERHOW, Mark; DE MEJIA, Elvira Gonzalez. Black bean anthocyanin-rich extracts as food colorants: Physicochemical stability and antidiabetes potential. **Food chemistry**, v. 229, p. 628-639, 2017.

MORITZ, Denise Esteves. **Produ o do Pigmento Monascus Por *Monascus ruber* CCT 3802 em Cultivo Submerso**. 2005. Tese (Doutor em Engenharia Química), Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MUTHU S. S. Sustainability in the t xtile industry. **Springer, Heidelberg**, p. 1-8, 2017.

O'REGAN, Brian; GR TZEL, Michael. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films. **Nature**, v. 353, n. 6346, p. 737-740, 1991.

ORTS, F. et al. Cases Electrochemical treatment of real t xtile wastewater: Trichromy Procion HEXL . **Journal of Electroanalytical Chemistry**, v. 808, p. 387-394, 2018.

PATIL, Vaishali M.; MASAND, Neeraj. Anticancer potential of flavonoids: chemistry, biological activities, and future perspectives. In: **Studies in Natural Products Chemistry**. Elsevier, 2018. p. 401-430.

PATROCÍNIO, Antonio Otávio T.; MURAKAMI IHA, Neyde Y. Em busca da sustentabilidade: células solares sensibilizadas por extratos naturais. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 574-578, 2010.

POLEZE, Thatyana Cassol et al. Nanopartículas de plga carregadas com curcumina: eficácia no tratamento do câncer de mama em modelos in vitro. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 21, n. 3, p. 175-182, 2020.

Portal Periódicos CAPES/MEC. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br>

PRADO, Marcelo Alexandre; GODOY, Helena Teixeira. Teores de corantes artificiais em alimentos determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, v. 30, p. 268-73, 2007.

PubMed (US National Library of Medicine). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Natural food pigments and colorants. **Current Opinion in Food Science**, v. 7, p. 20, 2016.

ROSSI, Ticiane. **Resíduo líquido do tratamento com vapor da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex. Maiden, aplicado como corante têxtil natural**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2014.

ROVARIS, Beatriz Cesa. **Jenipapo (Genipa americana L.) como corante azul natural**. 2020.

SCHUMANN, Simone Pinheiro Alves; POLÔNIO, Maria Lucia Teixeira; GONÇALVES, Édira Castello Branco de Andrade. Avaliação do consumo de corantes artificiais por lactentes, pré-escolares e escolares. **Ciência e Tecnologia alimentar**, v. 28, n. 3, p. 534-539, 2008.

SciELO (Scientific Electronic Library Online). Disponível em: <https://scielo.org/>

SILVA, G. J. F. et al. Formulação e estabilidade de corantes de antocianinas extraídas das cascas de jabuticaba (*Myrciaria ssp.*) Formulation and stability of anthocyanins's colorants formulated with peels jabuticaba (*Myrciaria ssp.*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 3, p. 429-436, 2010.

SILVA, Patrícia Muniz dos Santos. **Corantes naturais das cascas das árvores Stryphnodendron adstringens (Mart.) Coville e Croton urucurana Baill., nativas do Brasil: extração, tingimento, solidez de cor e caracterização do efluente**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2018.

SINHA, Keka; SAHA, Papita Das; DATTA, Siddhartha. Response surface optimization and artificial neural network modeling of microwave assisted natural dye extraction from pomegranate rind. **Industrial crops and products**, v. 37, n. 1, p. 408-414, 2012.

SOARES, Márlon Herbert Flora Barbosa; SILVA, Marcus Vinicius Boldrin; CAVALHEIRO, Éder Tadeu Gomes. Usinf natural dyes in high school courses. **Eclética Química**, v. 26, p. 225-234, 2001.

SONAI, Gabriela G. et al. Células solares sensibilizadas por corantes naturais: um experimento introdutório sobre energia renovável para alunos de graduação. **Química Nova**, v. 38, p. 1357-1365, 2015.

SUBRAMANIAN, M.; DEVASAGAYAM, T. P.; SINGH, B. B. Diminution of singlet oxygen induced damage by curcumin and related antioxidants. **Mutation Research**, Amsterdam, v.311, n.2, p.249- 255, 1994.

TARAZONA-DÍAZ, Martha et al. Obtaining a dye from passion fruit cortex with the use of conventional extraction techniques. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v. 23, n. 1, 2020.

TEIXEIRA, Cristiane Cardoso Correia. **Desenvolvimento tecnológico de fitoterápico a partir de rizomas de Curcuma longa L. e avaliação das atividades antioxidante, anti-inflamatória e antitumoral**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TRACTZ, Gideã T. et al. Avaliação da adsorção e estudo eletroquímico de células solares produzidas com TiO₂ e corante extraído do Hibiscus. **Química Nova**, v. 41, p. 512-518, 2018.

TROMBETE, F. M. et al. Extrato de bixina de sementes de urucum como corante natural na formulação de pipoca de micro-ondas: avaliação e efeitos na qualidade. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2020.

VALDUGA, Eunice et al. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva "Isabel" (*Vitis labrusca*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1568-1574, 2008.

WANG, D. M. Environmental protection in clothing industry. In: **Sustainable development: proceedings of the 2015 International Conference on sustainable development (ICSD2015)**. 2016. p. 729-735.

YUSOFF, Aiman et al. Impacts of temperature on the stability of tropical plant pigments as sensitizers for dye sensitized solar cells. **Journal of Biophysics**, v. 2014, 2014.