

## APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DA QUÍMICA VERDE E SUSTENTABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS ARTÍSTICOS

Brenno Lucas C. de Souza<sup>1</sup>; Débora Maria Rodrigues de Sousa<sup>1</sup>; Lara de Jesus Mattos<sup>1</sup>; Thays Souza Manhães da Silva<sup>1</sup>; Nathan de Sousa Ranna<sup>1</sup>; Dayane de Souza Rodrigues<sup>1</sup>; Queli Aparecida Rodrigues de Almeida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus Duque de Caxias, Av. República do Paraguai, 120, Vila Sarapuí, Duque de Caxias, RJ, CEP 25050-100

**Palavras-Chave:** Química Verde, Arte, Ensino

### Introdução

A palavra arte tem sua etimologia no latim com significado de habilidade natural ou adquirida para fazer alguma coisa (DICIONÁRIO ETIMOLÓGICO, 2008). Tais habilidades são utilizadas para expressar uma visão do mundo, seja imaginário ou realístico, através de diversos recursos para divulgar emoções, percepções e sensações (CONCEITO, 2011).

A arte no sentido estético pode ser compreendida como a criação poética dos seres humanos (UTUARI, 2016). O processo criativo se dá a partir da percepção com o intuito de expressar emoções e ideias, objetivando um significado único e diferente para cada obra.

Na literatura podemos encontrar relatos do artista Gilberto Zorio Povera utilizando processos para criação de fenômenos químicos ou físicos resultando na interação dos materiais para produção de arte (Infopédia); dos artistas Yves Klein e Jannis Kounellis utilizando a oxidação de materiais combustíveis para a produção artística aliando pintura e fotografia (PACHECO, 2003); de Joseph Beuys e Dieter Roth em seus trabalhos utilizando processos bioquímicos (ARGOLO; COUTINHO, 2012) e ainda as misturas de emulsões de Sigmar Polke e Achim Duchow a fim de mostrar diferentes reações fotoquímicas (PACHECO, 2003).

É de extrema importância a contextualização do ensino de ciências com a sociedade e o ambiente (LOPES, 1996), sendo assim é muito importante relacionar o conteúdo da Química Verde (QV) com a arte, para que os educandos tenham a percepção de que a química está conectada a outras áreas de conhecimento, para que possam valorizar a importância artística no desenvolvimento humano e entender sobre a sua responsabilidade no planeta em relação a sustentabilidade.

A QV é o uso de técnicas e metodologias que reduzam o uso de reagentes, solventes e outras matérias primas, e que eliminem a geração de produtos ou subprodutos e resíduos prejudiciais à saúde humana ou ao meio ambiente. Essa preocupação tem sido vista como fundamental e de grande importância na prevenção da poluição. Ela emergiu em meio a doze princípios (Figura 1), que juntos idealizam uma conduta química benigna, tendo os ideais verdes (LENARDÃO *et al.*, 2003).



**Figura 1: Os 12 princípios da Química Verde**

Fonte: ALMEIDA *et al.*, 2023

A importância de considerar o impacto das atividades humanas e suas relações com o meio ambiente é essencial para garantir a qualidade de vida. Compreender que o progresso social e a evolução dependem de um equilíbrio entre economia, ambiente e sociedade foi um avanço significativo na orientação de políticas públicas, teorias e iniciativas mais sustentáveis e justas. As ciências têm um papel central nesse processo, pois capacitam os indivíduos a lidarem com questões científicas e tecnológicas que afetam as dinâmicas sociais.

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver materiais artísticos empregando os princípios da QV e os avaliar quanto a sua verduza química através da métrica da estrela verde, definindo quais desses princípios serão relevantes ou não para cada estudo.

## Material e Métodos

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico necessário para o estudo dos materiais artísticos que seriam modificados, abrangendo os conceitos da Química Verde, discutindo quais os principais pontos que deveriam ser abordados experimentalmente e quais as metodologias que poderiam ser utilizadas para o melhor uso da prática da química limpa.

Após isso, com as metodologias escolhidas para cada material, foram executadas as modificações e a produção dos materiais em triplicata. Foi então gerado protocolos para confecção desses materiais contemplando os cuidados com segurança e tratamento ou descarte dos resíduos, quando houver.

Os materiais então tiveram sua utilização avaliada em nossa instituição de ensino na semana de ciência e tecnologia – SEMACIT, com alunos do ensino médio técnico, ensino superior e professores de diferentes áreas de conhecimento.

Foi avaliado quais propostas atendem aos princípios da Química Verde, quais pontos podem ser melhorados e, assim, propor sugestões menos impactantes e mais seguras para as atividades. A análise da verduza química destes experimentos foi então realizada através da Estrela Verde (EV).

Os itens de arte que foram modificados respeitando os princípios da QV foram o giz de cera sustentável, o glitter a partir amido, o corante natural oriundo das folhas de beterraba e uma tinta sustentável a base de polvilho.

Para a formação do giz de cera sustentável foi utilizado cera de coco e diferentes corantes naturais em pó, formando um material rígido, colorido e mais sustentável em relação ao giz de cera existente no mercado.

O glitter oriundo do amido foi obtido através da síntese de um biopolímero a base de tapioca e limão elaborado em nossas pesquisas. A cor do glitter se deu através de corantes naturais extraídos da amora, açafão e colorau, e sua textura em pó foi finalizada através da trituração mecânica desse biopolímero no liquidificador.

As substâncias naturais da folha da beterraba foram extraídas com solventes recomendados como benignos para serem utilizados como corantes naturais, o propano-2-ol e o octan-1-ol.

E por fim, as tintas naturais foram feitas a partir de uma mistura de polvilho em água morna, seguido da adição de corantes em pó naturais e pelo extrato do espinafre e do repolho roxo.

Através da metodologia realizada foi possível uma avaliação completa dos experimentos, visando o menor consumo de reagentes, realização de procedimentos que originem uma menor quantidade de produtos potencialmente tóxicos aos alunos e ao meio ambiente, tópico muito importante, pois uma vez que muito se fala dos resíduos originados pelas indústrias e não se leva em consideração os resíduos gerados pelas instituições de ensino espalhadas pelo Brasil, os quais muitas vezes são descartados de forma inadequada no ambiente.

## **Resultados e Discussão**

Os gizes de cera em sua ficha de segurança, há importantes ressalvas sobre cuidados com a ingestão. Embora a maioria dos gizes de cera seja não tóxica, a ingestão pode causar desconforto gastrointestinal. Ainda devemos ressaltar que certas marcas podem conter metais pesados, como chumbo, que podem causar danos ao cérebro. É relatado ainda casos raros de alergias e irritações em contato com a pele (FARAH, 2012).

O giz de cera proposto em nosso trabalho foi fabricado com cera de coco, oriunda da casca do fruto e essa cera é um material biodegradável, substituindo a parafina, derivada do petróleo e extremamente tóxica. Optamos em não utilizar a cera de abelha, visto que a literatura relata que sua produção pode afetar as colônias de abelhas, a extração excessiva de cera pode prejudicar a capacidade das abelhas de polinizar plantas, essenciais para a biodiversidade e, a cera de abelha pode conter resíduos de agrotóxicos devido à exposição desses insetos a pesticidas usados na agricultura (FAITA *et al.*, 2022)

Após o derretimento da cera de coco a 60°C foi adicionado os seguintes corantes naturais em forma de pó: beterraba (rosa), alga espirulina (verde), urucum (vermelho), açafão (amarelo) e cacau (marrom). Os gizes de cera produzidos são mostrados na figura 1 abaixo, assim como um desenho selecionado dos discentes que testaram o mesmo.



**Figura 1. Giz de cera sustentável e desenho colorido com os materiais obtidos**

O glitter, um tipo de partícula composta por camadas de polímeros plásticos e metais, é amplamente utilizado em maquiagens, artefatos e fantasias, podendo facilmente ser transportado para ambientes aquáticos através de efluentes domésticos ou drenagem urbana, atingindo assim os sistemas aquáticos naturais. Ele é ainda classificado como uma fonte significativa de poluição por microplásticos (ALOMAR *et al.*, 2016).

O glitter produzido em nosso trabalho foi feito a partir do biopolímero obtido pela reação entre a tapioca comercial, suco de limão e aquecimento, desenvolvido em nossas pesquisas anteriores (ALMEIDA *et al.*, 2018). As diferentes cores foram obtidas pelos corantes naturais obtidos da amora, açafraão e colorau (Figura 2).



**Figura 2: Glitter produzido através do biopolímero da tapioca**

Pigmentos naturais com a finalidade de substituir os corantes sintéticos tem sido estudado com frequência, já que os corantes artificiais são constantemente alvos de investigações quanto a suas reações adversas para os consumidores. A carcinogenicidade e a toxicidade dos corantes artificiais fazem com que seu uso seja restrito (BOO *et al.*, 2012).

Betacianinas, betaxantinas e clorofilas A e B foram extraídas das folhas da beterraba em um processo que usa uma mistura do solvente propano-2-ol, água, sal de cozinha e octan-1-ol.

Vale ressaltar que os solventes utilizados nessa extração são solventes indicados, quando se quer trabalhar com os princípios da Química Verde (ALDER *et al.*, 2016) Essas substâncias, após sua extração, foram testadas em pequenos pedaços de pano de algodão e se mostraram muito eficientes em colorir o material (SOUZA, 2012). Além disso, os extratos da beterraba apresentam diferentes colorações quando estão em meio ácido ou básico, sendo indicadores naturais como alternativa didática, devido a sua fácil obtenção e baixo custo. Os resultados dos extratos obtidos se encontram na figura 3.



**Figura 3: Corantes obtidos na extração das substâncias presentes na folha da beterraba**

As tintas podem apresentar diversos perigos à saúde devido aos componentes químicos que são adicionados em sua fabricação. A tinta também possui os compostos Orgânicos Voláteis (VOC) que podem causar irritação nos olhos, nariz e garganta, além de problemas respiratórios e outros efeitos adversos à saúde, além dos pigmentos e solventes que também causam danos (UEMOTO; AGOPYAN, 2002).

A existência das tintas naturais é relatada desde os primórdios da humanidade. As plantas em especial, possuem capacidades infinitas de liberação de pigmentos coloridos. A arte tradicional, muito desenvolvida pelos indígenas e artistas remotos, utilizam a tinta natural a base de argila e aglutinantes naturais como o ovo. Tais técnicas de produção das tintas naturais encontram na sala de aula um ambiente propício ao desenvolvimento de novas estratégias de ensino-aprendizagem, atribuindo ludicamente estes conhecimentos culturais à conceitos químicos em especial, sobre sustentabilidade.

A tinta desenvolvida nesse trabalho foi a base de polvilho, água e pigmentos naturais em pó, ou oriundos da infusão do repolho roxo e espinafre. O polvilho em água quente forma uma espécie de cola que serviu como aglutinante. Os carotenóides, flavonóides e antocianinas dos pigmentos naturais deram as diferentes colorações das tintas obtidas. Desenhos produzidos a partir dessas tintas estão na figura 4.

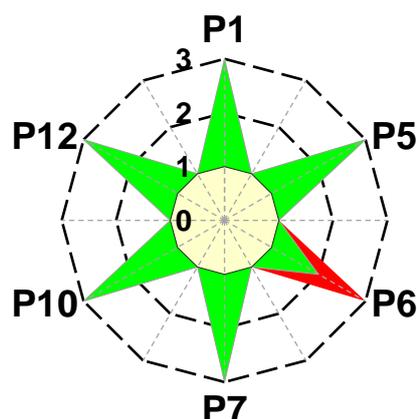


**Figura 4: Desenhos produzidos pelas tintas à base de polvilho e pigmentos naturais**

A avaliação quanto a sustentabilidade é muito importante para demonstrar as aplicações da QV em um experimento químico. Uma métrica holística que foi utilizada é a Estrela Verde (EV). Ela considera os princípios e critérios da QV e, como tem uma natureza gráfica, permite comparações visuais bem nítidas. Para a construção da EV consideram-se pontuações a partir de critérios pré-estabelecidos, podendo ser pontuados de 1 a 3, onde 1 é a ausência de verdura química; 2 uma verdura química parcial e 3, plenamente verde. Para sua construção utiliza-se a plataforma on line disponível em [www.educa.fc.up.pt](http://www.educa.fc.up.pt), permitindo uma análise rápida e fácil partindo das informações da ficha de segurança dos produtos químicos – FISPQ (MACHADO, 2014).

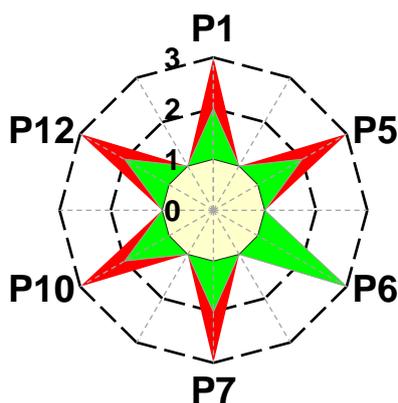
Os participantes da SEMACIT, além de participarem da fabricação e utilização dos materiais desenvolvidos neste trabalho, foram provocados a preencher e confeccionar as EV para cada um dos itens relatados anteriormente. Para isso, além da oficina com os experimentos artísticos, uma contextualização com a QV e o debates provenientes sobre essa temática foram realizados. As EV obtidas podem ser vistas e analisadas nas figuras que seguem.

Para a fabricação dos gizes a base de cera de coco e o glitter sustentável, a EV apresenta um índice de preenchimento verde de 92%, sendo apenas o princípio P6 que trata da eficiência energética preenchido parcialmente, visto que foi necessário a utilização de aquecimento para o derretimento da cera e na fabricação do biopolímero na reação entre a tapioca e o limão (Figura 5).



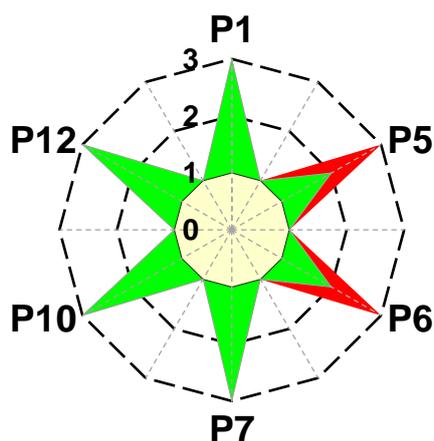
**Figura 5: Estrela Verde obtida na formação do giz de cera e glitter sustentável**

Para o corante natural extraído das folhas da beterraba o princípio P1 que trata da geração de resíduos inócuos é preenchido parcialmente devido ao uso dos solventes propano-2-ol e octan-1-ol. Apesar desses solventes serem classificados como amigáveis, eles possuem alguns riscos associados à saúde e ao meio ambiente, o que faz com que os princípios P5 e P12 que tratam do uso de solventes seguros também sejam parcialmente preenchidos. Os princípios P7 e P10 que tratam do uso de matérias primas renováveis e degradabilidade das substâncias envolvidas também, inevitavelmente preenchem apenas o nível intermediário da estrela, que possuiu um índice de preenchimento verde de 58% (Figura 6). Cabe ressaltar que nesse experimento foi substituído o hexano, um solvente extremamente perigoso pelo octan-1-ol. No caso de extrações, o uso de solventes é uma ameaça inevitável, cabendo a nós fazermos a melhor escolha.



**Figura 6: Estrela Verde obtida para extração dos corantes naturais da folha da beterraba**

Por fim, nas tintas naturais foi obtida uma EV de 84% de verdura conforme visto na figura 7. O princípio P5 foi parcialmente preenchido devido ao uso do etanol para conservação das tintas. Já o princípio P6 foi igualmente preenchido parcialmente devido ao aquecimento que necessita ser utilizado.



**Figura 7: Estrela Verde obtida na formação das tintas naturais a base de polvilho**

### Conclusões

A crescente demanda pelo desenvolvimento de métodos ambientalmente seguros e sustentáveis é uma tendência importante tanto no setor produtivo quanto na esfera acadêmica. Desta forma, é necessário que se tenham pesquisas que estejam fundamentadas nos princípios da Química Verde. Estes incluem, entre outros, a utilização de materiais de partida atóxicos e oriundos de fontes renováveis, além da escolha apropriada das condições reacionais e da readequação das etapas de tratamento e purificação com o objetivo de diminuir a geração de resíduos prejudiciais ao meio ambiente. Para uma análise completa de um experimento químico dentro dos princípios da química limpa, este trabalho utilizou de uma métrica holística que pode ser aplicada e utilizada como ferramenta para o ensino e pesquisa desta filosofia tão importante, que vem sendo cada vez mais difundida no mundo atual. Através da aplicação destas métricas poderemos propor a avaliação dos pontos fortes e fracos envolvidos em um experimento químico, tendo a identificação das possibilidades de melhorias e as ameaças envolvidas. É de suma importância a disseminação dos princípios desta filosofia em todo o ensino de química, por meio de teorias e práticas, formando profissionais sob essa perspectiva, atentos aos desafios da sustentabilidade.

Orientar os cursos de Química e áreas correlatas para promoção da educação para o desenvolvimento sustentável é um objetivo político amplamente reconhecido pela UNESCO. Há uma necessidade justificável para difundir a QV nesses espaços, uma vez que os profissionais egressos desses cursos são responsáveis por conectar a educação em química à sustentabilidade.

### Agradecimentos

Ao IFRJ Campus Duque de Caxias, aos discentes e docentes que participaram da fase de testes desses materiais na Semana de Ciência e Tecnologia do campus.

### Referências

Alder, C. M., Hayler, J. D., Henderson, R. K., Redman, A. M., , Lena, S., Leanna E. S., Sneddon, H. F. Updating and further expanding GSK's solvent sustainability guide. **Green Chemistry**, 18, 3879, 2016.

Almeida, Q. A. R.; Silva, B. B.; Silva, G. A. L.; Gomes, S. S.; Gomes, T. N. C.; Aversa, T. M. Inserção da Química Verde no ensino de química visando uma sociedade mais sustentável. **Revista da Sociedade Brasileira de Ensino de Química**. V.4, n.1, 1-29, 2023.



Almeida, Q.A.R.; SILVA, B.B.; SILVA, G. A. L.; GOMES, S.S.; GOMES, T.C. Oficina temática de experimentos em química: Repensando o ensino de química de forma sustentável. **Revista Extensão e Cidadania**. v.5. n. 9 e n.10, jan/jun. e jul./dez. 2018.

Alomar, C., F., Estarellas, F. E Deudero, S. Microplastics in the Mediterranean Sea: Deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Mar. Environ. Res.*, v. 115, 2016.

Argolo, M. I. Coutinho, Lucidéa G. A reversibilidade entre a química e a arte: Uma visão transdisciplinar no ensino de química. **III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**, Niterói/RJ, p. 2-3, 2012.

Boo, H.O., hwang, S.J., Bae, C.S., Park, S.H., Heo, B.G., Gorinstein, S., Extraction and characterization of some natural plant pigments, **Industrial Grops and Products**, 40, 2012.

Conceito.de. **Conceito de: Arte**. 2011. Disponível em: &lt; <https://conceito.de/arte> &gt;. Acesso em: 2 de setembro de 2024.

Dicionário etimológico. **Arte: Etimologia e origem das palavras**. Disponível em:<https://www.dicionarioetimologico.com.br/arte> &gt;. Acesso em: 2 de setembro de 2024.

Faita, M.R., Moura, M.E.K, Damasco, T.M., Poltronieri, A.S., NODARI, R.O. **Abelhas e o ambiente: importância, nutrição e sanidade**. Atena Editora, 2022.

Farah, M. A. **Petróleo e seus derivados**, São Paulo, LTC, 2012.

Lernardão, E. J., Freita, G, R. A., Dabdoub, M. J., Batista, A. C. F., & Silveira, C. Da C. Green chemistry: os doze princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, n. 1, 2003.

Lopes, Alice. A concepção de fenômeno no Ensino da Química brasileira através dos livros didáticos. Anais. **VIII Encontro Nacional de Ensino de Química**, 1996.

Machado, A.A.S.C. **Introdução às Métricas da Química Verde: uma visão sistêmica**. Florianópolis: Edufsc, 2014.

Pacheco, C. **Ciência em cena: diálogos sobre arte e Ciência no Museu da Vida**. In: MATOS, Cauê. *Ciência e arte: imaginário e descoberta*. São Paulo, 2003.

Souza, R.M., **Corantes Naturais Alimentícios e seus Benefícios à Saude**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de FARMÁCIA – Centro Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro/RJ, 2012.

Uemoto, K.L.; Agopyan, V. As tintas imobiliárias e o impacto ambiental. **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Foz do Iguaçu, 2002.

Utuari S. Libâneo D. Sardo F. Ferrari P. **Arte por toda parte**. 2º Edição. São Paulo: FTD, 2016.