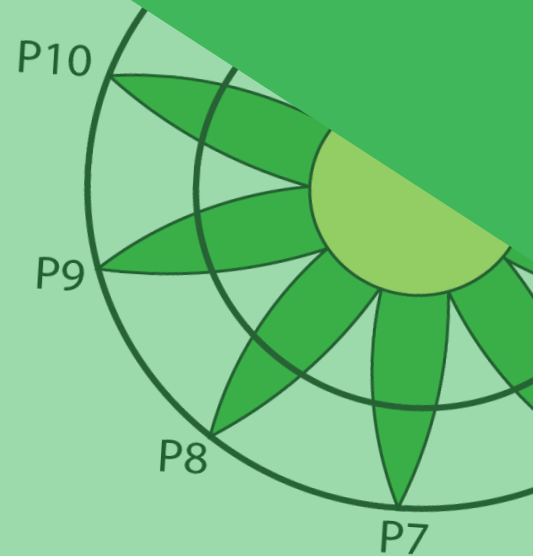
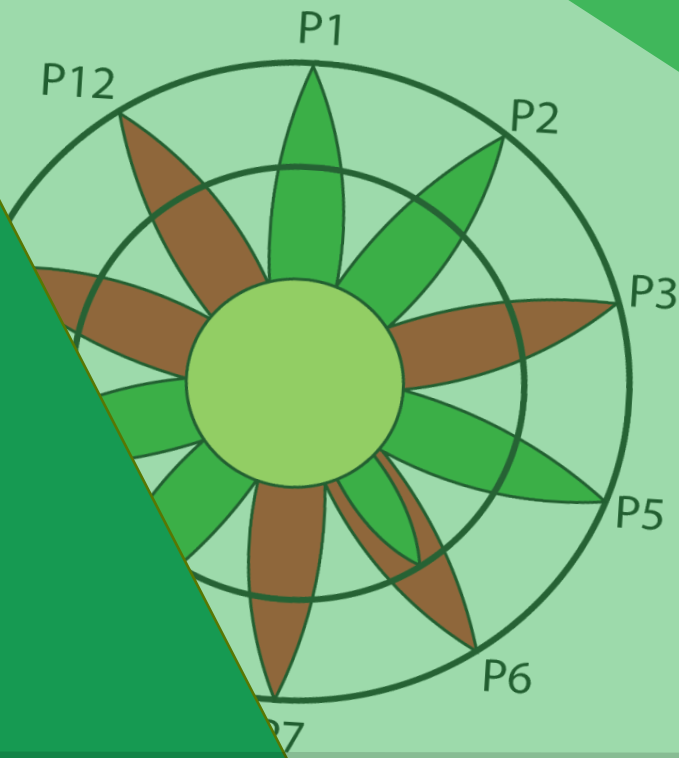
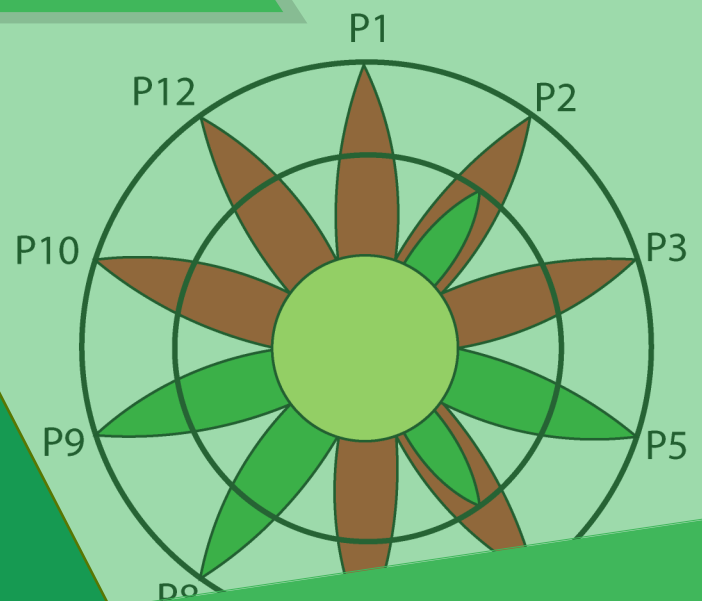


SEQUÊNCIA DIDÁTICA



QUÍMICA VERDE

Uma proposta de aplicação do método da Estrela Verde



Nivia Regina Vitalino de Melo

Andréa Horta Machado

Gilberto do Vale Rodrigues

APRESENTAÇÃO

Caro professor(a),

Este produto educacional - sequência didática - resulta de uma experiência educacional, realizado no programa de Mestrado Profissional em Educação e Docência – PROMESTRE, da Faculdade de Educação (FAE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob orientação da Prof.^a Andréa Horta Machado e coorientação do Prof. Gilberto do Vale Rodrigues. Buscamos desenvolver uma sequência didática na perspectiva da Química Verde para avaliar uma das atividades experimentais, já realizadas no curso, utilizando a metodologia da Estrela Verde, com o objetivo de inserir e suscitar discussões sobre a Química Verde no contexto do ensino técnico de nível médio.

Neste trabalho apresentamos sucintamente as diretrizes da Química Verde e a metodologia da Estrela Verde, a estrutura da sequência didática, o roteiro didático, e a descrição das cinco atividades, que os professores(as) poderão adequar a sua realidade.

Desta forma, esperamos que este material possa contribuir para a prática de profissionais na área de química nas discussões sobre a Química Verde.

Nivia Regina Vitalino de Melo (mestranda)
Andréa Horta Machado (professora orientadora)
Gilberto do Vale Rodrigues (professor coorientador)

Belo Horizonte

2019

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. Química verde e seus 12 princípios..... | 4 |
| 2. Metodologia da estrela verde..... | 4 |
| 3. A sequência didática..... | 5 |
| 4. Roteiro de aula..... | 7 |
| 4.1. Atividade 1: Você já ouviu falar em química verde?..... | 7 |
| 4.2 Atividade 2: Como avaliar se um experimento atende a princípios da química verde..... | 8 |
| 4.3 Atividade 3: Pesquisando os dados necessários para construir o Gráfico Estrela Verde (EV) para avaliar um experimento..... | 9 |
| 4.4 Atividade 4: Como medir o grau verde de cada princípio da Química Verde no gráfico EV?..... | 11 |
| 4.5 Atividade 5: O experimento avaliado atende aos princípios da Química Verde?..... | 12 |
| 5. Atividades..... | 13 |
| 5.1 Atividade 1..... | 13 |
| 5.2 Atividade 2..... | 17 |
| 5.3 Atividade 3..... | 19 |
| 5.4 Atividade 4..... | 26 |
| 5.5 Atividade 5..... | 36 |
| 6. Referências..... | 43 |

1. QUÍMICA VERDE E OS SEUS DOZE PRINCÍPIOS

A partir da emergência de novas modificações das condutas químicas, visando principalmente a prevenção das consequências negativas causadas por algumas de suas atividades e/ou produtos, é que surge a Química Verde (QV). O conceito de QV é claramente definido a partir da publicação em 1998, pela primeira vez, do livro de Anastas e Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente (ANASTAS; WARNER, 1998) a partir de um conjunto de princípios orientadores que incentivam a fabricação e uso de recursos compatíveis com o ambiente. A obra de Anastas e Warner delineou a ciência da QV articulando o desenvolvimento sustentável das atividades químicas desenvolvidas na academia e na indústria.

Sucintamente, constituem os chamados Doze Princípios da QV propostos por Anastas e Warner (1998): 1) prevenção; 2) economia atômica; 3) reações com compostos com menos toxicidade; 4) desenvolvimento de compostos seguros; 5) diminuição do uso de solventes e auxiliares; 6) eficiência energética; 7) uso de substâncias renováveis; 8) evitar formação de derivados; 9) catálise; 10) desenvolvimento de compostos degradáveis; 11) análise em tempo real para prevenção de acidentes; 12) química segura para prevenção de acidentes.

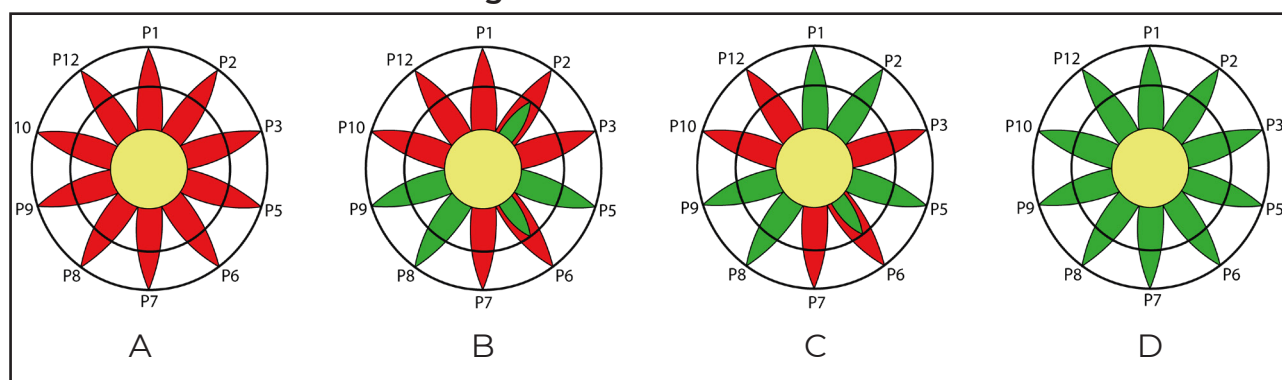
2. METODOLOGIA DA ESTRELA VERDE

A métrica holística da Estrela Verde (EV) foi proposta por pesquisadores portugueses (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010) e surgiu da necessidade de se medir simultaneamente os doze princípios da QV no contexto de laboratórios de ensino. A EV é uma estrela com o número de pontas relativo ao número de princípios que estão sendo avaliados. Cada ponta terá o seu respectivo comprimento proporcional ao grau do cumprimento do princípio correspondente (RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010). A EV é um gráfico radial que pode ser construído a partir de planilhas eletrônicas.

A Figura 1 apresenta um conjunto de Estrelas Verdes em ordem crescente do atendimento aos princípios. A EV (A), preenchida totalmente de vermelho, registra as medidas de uma situação em que nenhum dos Princípios

da QV foi atendido. Desta forma, representa a pior situação possível, denominada pelos autores portugueses de caso maligno. A EV D, totalmente preenchida de verde, exemplifica uma situação em que todos os Princípios da QV foram atendidos plenamente. Representa uma situação ideal denominada pelos autores portugueses de caso benigno. A segunda (EV B) e terceira (EV C) demonstram situações intermediárias. A segunda EV B apresenta cinco pontas totalmente vermelhas, representando os princípios que não foram atendidos. As três pontas totalmente verdes indicam os princípios que foram totalmente atendidos. As duas pontas preenchidas com as duas cores, verde e vermelha, refletem a situação em que o princípio foi parcialmente atendido. A terceira (EV C) tem um número maior de pontas verdes quando comparada com a EV B, por evidenciar uma situação em que o número de princípios que foram totalmente atendidos é maior.

Figura 1. Estrelas Verdes



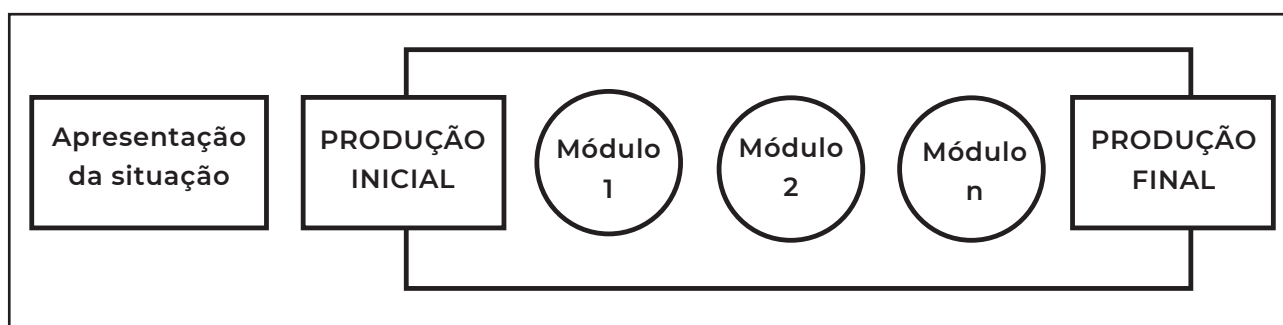
Fonte: adaptado de RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010.

Costa (2011) afirma que o conhecimento e uso das métricas é essencial na aprendizagem da QV. Embora este campo ainda seja complexo, deve ser explorado em todos os níveis de ensino da Química.

3. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática (SD) segundo Zabala (1998), Dolz e Schneuwly (2004) é um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um conteúdo que envolve determinado tema. A sua estrutura base pode ser representada pela Figura 2.

Figura 2. Esquema da sequência didática



Fonte: DOLZ; SCHNEUWLY, 2004.

A apresentação da situação é o momento no qual é descrito o propósito da realização da SD, ou seja, o que é esperado como produção final. A produção inicial permitirá ao professor avaliar as capacidades já adquiridas e ajustar as atividades e os exercícios na sequência de acordo com as possibilidades e dificuldades de uma turma (DOLZ; SCHNEUWLY, 2004). Neste sentido, propomos as questões da Atividade 1 “**Você já ouviu falar em Química Verde?**” para que os alunos produzam o primeiro material escrito.

Os módulos constituídos por várias atividades ou exercícios darão aos alunos os instrumentos para a produção final (DOLZ; SCHNEUWLY, 2004). Nossa opção foi elaborar três atividades para alcançar este propósito:

- Atividade 2 - Como avaliar se um experimento atende a princípios da Química Verde?
- Atividade 3 - Pesquisando os dados necessários para construir o gráfico Estrela Verde (EV) e avaliar um experimento;
- Atividade 4 - Como medir o grau verde de cada princípio da Química Verde no gráfico EV?

Na produção final o, aluno pode colocar em prática os conhecimentos adquiridos e, com o professor, medir os progressos alcançados. Para o professor, a produção final serve para (re)avaliar a sua SD (DOLZ; SCHNEUWLY, 2004). Propomos as questões na Atividade 5 “**O experimento avaliado atende aos princípios da Química Verde?**” para a produção final.

Levando em consideração os avanços tecnológicos e a familiaridade que os professores/alunos do curso técnico têm com as tecnologias e, ainda, a disponibilidade destes recursos nos cursos técnicos, desenvolvemos as ativi-

dades para serem realizadas em computadores com acesso à *internet*.

Para viabilizar a criação e a aplicação desta sequência didática, o *Google Drive* foi o recurso utilizado, pois permite o compartilhamento com os alunos que fizeram a edição/alteração do arquivo para responder à atividade. Com esse recurso o material fica disponível para o professor/pesquisador em tempo real. As atividades foram editadas no aplicativo *Google Forms*. Com esta ferramenta foi possível criar um formulário/atividade, enviar o *link* ao aluno, permitindo o seu acesso. Após a realização da atividade pelo aluno, o professor/pesquisador tem acesso a uma planilha que é gerada, assim que os alunos respondem às questões, com todas as respostas.

Apresentaremos a seguir o roteiro de aula e o texto de cada atividade da SD (Texto utilizado no *Google Forms*).

4. ROTEIRO DE AULA

Os conteúdos não serão distribuídos em tempos de aula, pois as características das turmas e dos professores influenciam na organização do tempo de execução das atividades. Por isso, a organização de cada aula contará com conteúdo, objetivos, recursos didáticos, uma proposta de estratégia para o desenvolvimento do trabalho e de avaliação. O tempo destinado a cada atividade ficará a cargo do professor.

ATIVIDADE 1. Você já ouviu falar em Química Verde?

Conteúdo

- Conceito da Química Verde; Doze Princípios da Química Verde.

Objetivos

- Levantar as concepções prévias do aluno sobre a Química Verde.
- Apresentar o conceito e os Doze Princípios da Química Verde.
- Levantar as concepções prévias de quais princípios da Química Verde o aluno pode medir/analisar na atividade experimental previamente selecionada.

Recursos Didáticos

- Pasta compartilhada com a turma no *Google Drive*.
- Atividade 1 elaborada no *Google Forms* ou em outro recurso (*Word*, *pdf*,

Google Docs). - Computador com acesso à *Internet*.

Metodologia

- Criar uma pasta no *Google Drive*, compartilhar com os alunos e selecionar a atividade experimental a ser avaliada durante o desenvolvimento da SD.
- Iniciar a sequência didática com a apresentação da situação: avaliar um roteiro de uma atividade experimental, utilizando critérios estabelecidos para construir um gráfico, utilizando a planilha do *Google*, com o objetivo de verificar se a atividade experimental está de acordo com os princípios da Química Verde.
- Essa atividade deve ser realizada com a intervenção mínima do professor.
- Esclarecer que as atividades estarão disponíveis em uma pasta compartilhada, fornecendo as informações necessárias para o aluno acessar as atividades.
- Definir com os alunos se essa atividade será feita no laboratório de informática da escola (data, local, horário) ou em casa (data).
- Compartilhar a atividade com os alunos.
- Solicitar que os alunos realizem a atividade 1, lendo as orientações e respondendo às questões individualmente.
- Verificar se a atividade foi enviada corretamente pelo aluno.

Avaliação

- Avaliar as respostas dos alunos quanto ao entendimento dos princípios e a capacidade de identificar e justificar quais princípios podem ser verificados na atividade experimental.

ATIVIDADE 2. Como avaliar se um experimento atende a princípios da Química Verde

Conteúdo

- Metodologia da Estrela Verde.

Objetivos

- Conhecer a metodologia da Estrela Verde a partir da leitura de um texto “Construção da Estrela Verde” disponível no *link*: <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/construcao_ev>.

- Descrever as etapas necessárias para elaboração da Estrela Verde para um experimento.

Recursos Didáticos

- Pasta compartilhada com a turma no *Google Drive*.
- Atividade 2 elaborada no *Google Forms* ou em outro recurso (*Word*, *pdf*, *Google Docs*). - Texto “Construção da Estrela Verde”.
- Computador com acesso à *Internet*.

Metodologia

- Esta atividade deve ser realizada com a intervenção mínima do professor.
- Definir com os alunos se esta atividade será feita no laboratório de informática da escola (data, local, horário) ou em casa (data).
- Compartilhar a atividade com os alunos.
- Solicitar que os alunos realizem a atividade 2, lendo as orientações e respondendo às questões individualmente.
- Verificar se a atividade foi enviada corretamente pelo aluno.

Avaliação

- Avaliar as respostas dos alunos quanto ao entendimento da metodologia da Estrela Verde e a capacidade de descrever os passos para a sua elaboração.

ATIVIDADE 3. Pesquisando os dados necessários para construir o gráfico Estrela Verde (EV) para avaliar um experimento

Conteúdo

- Reagentes, solventes, agentes secantes, resíduos em uma atividade experimental. Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ).
- Sistema Harmonizado Globalmente para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos ou *Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals* (GHS).
- Degradabilidade e renovabilidade das substâncias.

Objetivos

- Reconhecer e classificar todas as substâncias (reagente, solvente, agente

secante, resíduo, material tóxico ou inócuo) no roteiro da atividade experimental.

- Conhecer e buscar as informações sobre os perigos para saúde, para o ambiente e os perigos físicos das substâncias nas FISPQ e degradabilidade.
- Conhecer e identificar os códigos GHS de cada substância nas FISPQ.
- Pesquisar na *Web* sobre degradabilidade e renovabilidade das substâncias.
- Utilizar planilha eletrônica para organização dos dados.

Recursos Didáticos

- Pasta compartilhada com a turma no *Google Drive*.
- Roteiro da atividade experimental.
- Atividade 3 elaborada no *Google Forms* ou em outro recurso (*Word, pdf, Google Docs*).
- Planilha elaborada no *Google* e compartilhada com a turma no *Google Drive* (Planilha Modelo).
- Computador com acesso à *Internet*.

Metodologia

- Iniciar a aula solicitando aos alunos que criem ou façam uma cópia da planilha “Modelo” conforme as primeiras instruções na atividade.
- Solicitar que os alunos realizem a atividade 3, lendo as orientações e respondendo às questões individualmente.
- Coordenar e orientar os alunos na pesquisa das substâncias no roteiro da atividade experimental.
- Coordenar e orientar os alunos na pesquisa das FISPQ.
- Coordenar e orientar os alunos na pesquisa sobre as informações contidas na FISPQ.
- Coordenar e orientar os alunos na pesquisa sobre as informações sobre renovabilidade.
- Verificar se a atividade foi enviada corretamente pelo aluno.

Avaliação

- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos em utilizar identificar e classificar os resíduos (tóxicos ou inócuos).
- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos em pesquisar e selecionar as informações nas FISPQ.

- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos em identificar os códigos GHS nas FISPQ.
- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos na utilização da planilha eletrônica.

ATIVIDADE 4. Como medir o grau verde de cada princípio da Química Verde no gráfico EV?

Conteúdo

- Princípios da Química Verde e a sua avaliação em atividades experimentais.
- Critérios para avaliar princípios da Química Verde.

Objetivos

- Identificar os princípios que podem ser avaliados na atividade experimental.
- Utilizar as informações pesquisadas na atividade 3 sobre os perigos para saúde, para o ambiente e os perigos físicos, degradabilidade e renovabilidade das substâncias.
- Conhecer e utilizar os critérios pré-estabelecidos para avaliar os princípios da Química Verde.
- Utilizar planilha eletrônica para organização dos dados.

Recursos Didáticos

- Pasta compartilhada com a turma no *Google Drive*.
- Roteiro da atividade experimental.
- Atividade 4 elaborada no *Google Forms* ou em outro recurso (*Word, pdf, Google Docs*). -
- Computador com acesso à *Internet*.

Metodologia

- Compartilhar e discutir os dados pesquisados pelos alunos na atividade 3 com toda a turma.
- Fazer explicações sistematizadas, relacionando os dados pesquisados na atividade 3 com a atividade experimental e a vivência do aluno.
- Compartilhar e discutir com os alunos por que e quais princípios podem, ou

não, serem avaliados na atividade experimental.

- Solicitar que os alunos realizem a atividade 4, lendo as orientações e respondendo as questões individualmente.
- Solicitar aos alunos que reformulem, se necessário, o preenchimento da planilha eletrônica.
- Verificar se a atividade foi enviada corretamente pelo aluno.

Avaliação

- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos em relacionar as informações pesquisadas com os critérios estabelecidos.
- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos em pontuar os princípios.
- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos na utilização da planilha eletrônica.

ATIVIDADE 5. O experimento avaliado atende aos princípios da Química Verde?

Conteúdo

- Construção e análise do gráfico Estrela Verde (gráfico radar).

Objetivos

- Construir a Estrela Verde.
- Analisar a atividade experimental a partir da EV construída.
- Propor alternativa para esverdear a atividade experimental.

Recursos Didáticos

- Pasta compartilhada com a turma no *Google Drive*.
- Atividade 5 elaborada no *Google Forms* ou em outro recurso (*Word, pdf, Google Docs*).
- Planilha Modelo *Google* compartilhada com a turma no *Google drive*.
- Computador com acesso à *Internet*.

Metodologia

- Solicitar que os alunos realizem a atividade 5, lendo as orientações e respondendo as questões individualmente.

- Coordenar e orientar os estudantes na utilização da planilha do *Google Drive* na construção do gráfico radar.
- Verificar se a atividade foi enviada corretamente pelo aluno.
- Solicitar aos alunos que discutam e comentem a análise da atividade experimental a partir da Estrela Verde construída por eles.
- Solicitar aos alunos que discutam e comentem as propostas para esverdear o experimento.

Avaliação

- Observar as facilidades/dificuldades dos alunos na utilização da planilha eletrônica para construir a Estrela Verde.
- Avaliar a capacidade dos alunos em aplicar os conhecimentos da Química Verde para propor uma alternativa para esverdear este a atividade experimental.
- Avaliar a compreensão dos estudantes sobre a Química Verde e os seus princípios após a análise da atividade experimental utilizando a Estrela Verde.

5. ATIVIDADES

5.1 ATIVIDADE 1

Você já ouviu falar em Química Verde?

A população em expansão está diante de inúmeros desafios, tais como: escassez de água potável, recursos energéticos, habitação, conservação e degradação do ambiente. A química tem um papel significativo frente a estas questões, por ser uma ciência que, apesar de todos os benefícios que proporciona à humanidade, está associada a diversos impactos ambientais e a prejuízos à qualidade de vida e à sustentabilidade do planeta. Em parte, porque alguns dos processos e produtos químicos geram resíduos que alteram a composição da atmosfera, da água e solo.

Da necessidade de uma nova conduta química para reverter a degradação ambiental, surgiu a ideia da química verde, que propõe um novo caminho na busca de soluções na sustentabilidade ambiental.

Você já ouviu falar de Química Verde?

() sim () Não

► Professor(a), a questão anterior pode ser proposta verbalmente para apresentar, promover o surgimento de dúvidas, questões e problemas que envolvam o tema, contribuindo para que os alunos recorram aos seus conhecimentos para iniciar as atividades propostas.

Nesta atividade você deverá

1. Observar a Figura 1 a seguir (textos e imagens).
2. Ler a descrição de cada um dos 12 Princípios da Química Verde apresentados nela.
3. Em seguida, responder à Questão 1.

Figura 1. Princípios da Química Verde

OS 12 PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE

Pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a implementação de produtos químicos e/ou processos para reduzir ou eliminar o uso ou a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente.

| | |
|---|--|
| 1. PREVENÇÃO DE RESÍDUOS  <p>É mais barato evitar a formação de resíduos tóxicos do que tratá-los depois que eles são produzidos.</p> | 7. FONTES RENOVÁVEIS DE MATÉRIA PRIMA  <p>O uso de biomassa como matéria prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos.</p> |
| 2 ECONOMIA ATÔMICA  <p>As metodologias sintéticas devem ser desenvolvidas de modo a incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final.</p> | 8. MINIMIZAR OU EVITAR DERIVAÇÃO  <p>A derivação desnecessária deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas usam reagentes adicionais e podem gerar resíduos.</p> |
| 3. SÍNTESE SEGURA  <p>Deve-se desenvolver rotas sintéticas que utilizem e gerem substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.</p> | 9. CATÁLISE  <p>O uso de catalizadores (tão seletivo quanto possível) deve ser escolhido em substituição aos reagentes estequiométricos.</p> |
| 4. PRODUTOS SEGUROS  <p>Deve-se buscar desenvolvimento de produtos que, após realizarem a função desejada, não causem danos ao ambiente.</p> | 10. PRODUTOS DEGRADÁVEIS  <p>Os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após a utilização não devem permanecer no ambiente, degradando-o.</p> |
| 5. SOLVENTES AUXILIARES SEGUROS  <p>Substâncias auxiliares como solventes, agentes de purificação e secantes, precisa ser evitada ao máximo; quando inevitável, devem ser inócuos ou reutilizados.</p> | 11. ANÁLISE EM TEMPO REAL P/ PREVENÇÃO  <p>O monitoramento e controle em tempo real devem ser viabilizados. A possível formação de substâncias tóxicas deve ser detectada antes de sua geração.</p> |
| 6. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  <p>A utilização de energia pelos processos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos, e por isso, minimizada.</p> | 12. QUÍMICA SEGURA (PREVENÇÃO DE ACIDENTES)  <p>As escolhas das substâncias, bem como a sua utilização em processos qu</p> |

Fonte: Disponível em <<https://sites.google.com/site/praticasquimicavedeu-fabc/my-forms>>. Acesso em: 19 ago.2018

Questão 1. Indicar quais desses Princípios da Química Verde podem, ou não, ser avaliados/medidos/analizados a partir do roteiro do experimento realizado por você na aula prática de **Química Orgânica: “Extração da Cafeína do chá preto”**. Justificar a sua resposta.

► **Professor(a), você deverá substituir, se necessário, o nome da disciplina e o título da atividade experimental selecionada por você a ser analisada pelos seus alunos.** Justifique a resposta anterior.

Princípio 1 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 8 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 2 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 9 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 3 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 10 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 4 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 11 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 5 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 12 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 6 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não
Justifique a resposta anterior.

Princípio 7 - Prevenção de Resíduos.
() sim () Não

Para saber mais

LENARDÃO, E. J.; FREITAG, R. A.; DABDOUB, M. J.; BATISTA, A. C. F. "Green Chemistry" – Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Quim. Nova**, v. 26, n. 1, p.123-129, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n1/14310.pdf>>. Acesso em 01 ago. 2018.

5.2 ATIVIDADE 2

Como avaliar se um experimento atende aos princípios da Química Verde?

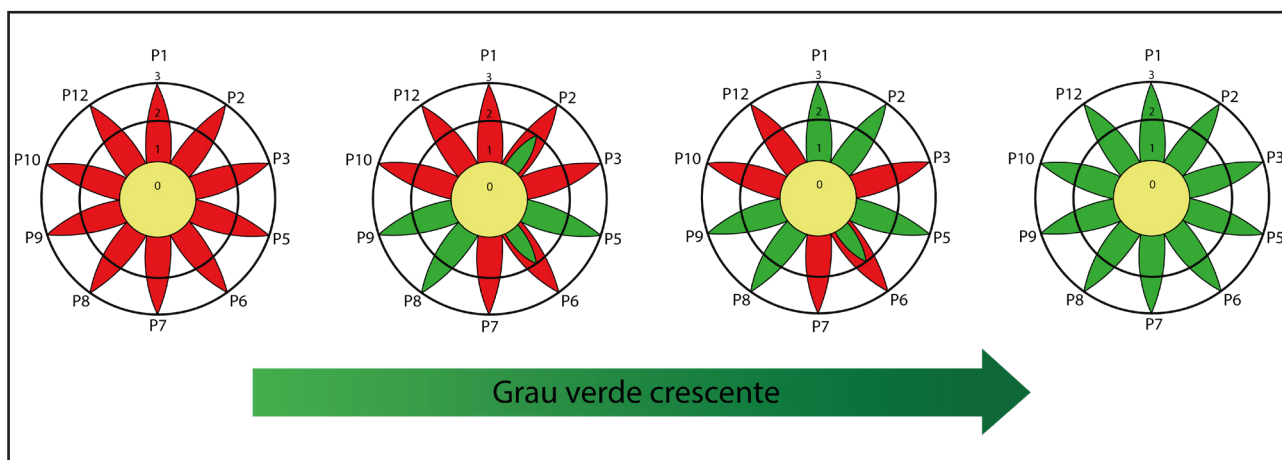
Atender aos princípios da Química Verde não é uma tarefa fácil, pois significa reduzir ou eliminar riscos, toxicidade, recursos não renováveis, energia, geração de resíduos, e muito mais.

Então, como saber se um experimento está de acordo com os princípios da Química Verde?

Existem ferramentas (métricas) para verificar o quanto um processo/experimento atende aos princípios. A palavra métrica pode ser definida como medir, ou seja, quantificar, comparar, qualificar de acordo com critérios bem estabelecidos.

Várias métricas são apresentadas na literatura para avaliar o grau verde (verdura química) de um experimento. Dentre elas, temos a Estrela Verde, que é uma métrica semiquantitativa com resultados gráficos que permitem a visualização e a comparação rápida da "verdura" entre os procedimentos experimentais. A Figura 1 mostra uma sequência com quatro gráficos (quatro estrelas), nos quais a área verde fornece uma visão global do grau verde (verdura química) de um experimento. Quanto maior área verde o gráfico apresentar, maior o grau verde do experimento.

Figura 1. Sequência de Estrelas Verdes



Fonte: adaptado de RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010.

Nesta atividade você deverá

1. Acessar o *link*: <http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/construcao_ev> “Construção da Estrela Verde”.
2. Ler o texto apresentado em “Home > Construção da Estrela Verde”.
3. Em seguida, responder à Questão 1.

Questão 1. Após a leitura do texto, elabore uma sequência de passos que servirá como ponto de partida para você construir o gráfico Estrela Verde do seu experimento.

Para saber mais

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. S. C. Uma métrica gráfica para avaliação holística da verdura de reações laboratoriais – “Estrela Verde”. *Quim. Nova*, v.33, n. 3, 759-764, 2010.

5.3 ATIVIDADE 3

Pesquisando os dados necessários para construir o gráfico Estrela Verde (EV) para avaliar um experimento

Na atividade anterior, você leu um texto com várias informações sobre como construir uma Estrela Verde e elaborou uma primeira sequência de passos. Agora é hora de começarmos a sistematizar este conhecimento. Para isso, precisamos desenvolver a sequência de passos, procedimento para construir a Estrela Verde.

Vamos iniciar pela pesquisa e organização de todos os dados para construir a Estrela Verde do seu experimento.

Antes de iniciar a sua pesquisa, você deverá

1. Acessar o *link*. https://drive.google.com/open?id=1LAepahws6chQz3Vdk-c01eLSJxtQ_rBOIXecqwhMklsE

► Professor(a), você deverá substituir pelo *link* do arquivo da planilha “Modelo” que você criou para compartilhar com a turma no *Google Drive*.

2. Clicar em arquivo/fazer uma cópia.

3. Na janela aberta coloque o nome do arquivo da seguinte forma: o primeiro nome e o último sobrenome. **Veja o exemplo:** Aluno Nivia Regina Vitalino de Melo - Nome do arquivo: niviamelo.

4. Clicar em *OK*.

5. Voltar a este formulário.

► Professor(a) Você deverá orientar o aluno para voltar a esta atividade após criar e nomear o arquivo na pasta compartilhada com a turma no *Google Drive*. Nós indicamos “formulário” por optarmos em trabalhar com o *Google Forms*.

Nesta atividade você deverá

1. Pesquisar todos os dados para construir a Estrela Verde do seu experimento e organizá-los.
2. Efetuar atentamente TODOS os quatro passos:

1º Passo: Consultar o roteiro do seu experimento.

2º Passo: Consultar as FISPQ (Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos) para obter informações sobre os perigos e a degradabilidade das substâncias.

3º Passo: Pesquisar sobre a renovabilidade, ou não, de cada substância.

4º Passo: Preencher o Quadro 1 com os códigos de perigo, segundo o Sistema Harmonizado Globalmente para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), degradabilidade e renovabilidade de todas as substâncias envolvidas no experimento, na aba “Substâncias/Pontuação” com TODOS os dados pesquisados.

ESSES PASSOS ESTÃO DETALHADOS A SEGUIR

1º Passo: Consultar o roteiro do seu experimento

1. Acessar o *link* a seguir para consultar o roteiro do seu experimento. Preencher a primeira coluna, **Quadro 1**, Aba “**Substâncias/Pontuação**” da sua planilha com o nome de TODAS as substâncias que foram utilizadas e geradas durante a execução do seu experimento (reagentes, produtos, solventes, agentes secantes, resíduos, catalisadores, etc).

► Professor(a), ao criar a sua planilha, sugerimos nomear a primeira Aba por: **Substâncias/Pontuação**.

► Professor(a) Apresentamos, a seguir, um modelo para o Quadro 1.

Quadro 1. Códigos de Perigo (GHS), degradabilidade, renovabilidade de todas as substâncias envolvidas no experimento

| Substâncias | Código de perigo (GHS) | Degradabilidade | Renovabilidade |
|-------------|------------------------|-----------------|----------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

OBSERVAÇÕES

No roteiro, item “**3 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**”, segundo parágrafo, linha 2, “...extraia a cafeína com 4 porções de 20 mL de cloreto de metileno...”, você deverá substituir cloreto de metileno por 1,2-dicloetano, substância que foi utilizada para realizar o experimento.

► Professor(a), foi necessário incluir esta “observação” na atividade para adequar o roteiro à disponibilidade de reagentes no laboratório durante a aplicação desta SD.

Link do roteiro: http://nuquiocat.quimica.blumenau.ufsc.br/files/2015/07/EXPERIE%CC%82NCIA03_Extrac%CC%A7a%CC%83o-da-cafei%CC%81na.pdf

► Professor(a), você deverá substituir, se necessário, este *link* pelo *link* do roteiro da atividade experimental selecionada por você.

2º Passo: Consultar as Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) para obter informações sobre os perigos e degradabilidade das substâncias

1. Pesquisar e preencher a segunda coluna, Quadro 1, Aba “Substâncias/Pontuação”, da sua planilha com os códigos conforme o Sistema Harmonizado Globalmente para a Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos ou *Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals* (GHS) de cada substância. Os códigos GHS nos fornecem as informações sobre os perigos para saúde, para o ambiente e os perigos físicos das substâncias.

2. Pesquisar e preencher a terceira coluna, Quadro 1, Aba “Substâncias/Pontuação”, da sua planilha com as informações sobre a degradabilidade de cada uma das substâncias.

OBSERVAÇÕES

- É preciso ter atenção ao buscar os códigos GHS nas FISPQ, pois há divergências entre informações disponibilizadas por diferentes fabricantes. Assim, quando possível, é importante obter os dados em FISPQ de um mesmo fornecedor.

- Copiar TODOS os códigos GHS.

- Algumas substâncias não apresentam código GHS por serem classificadas como não perigosas.

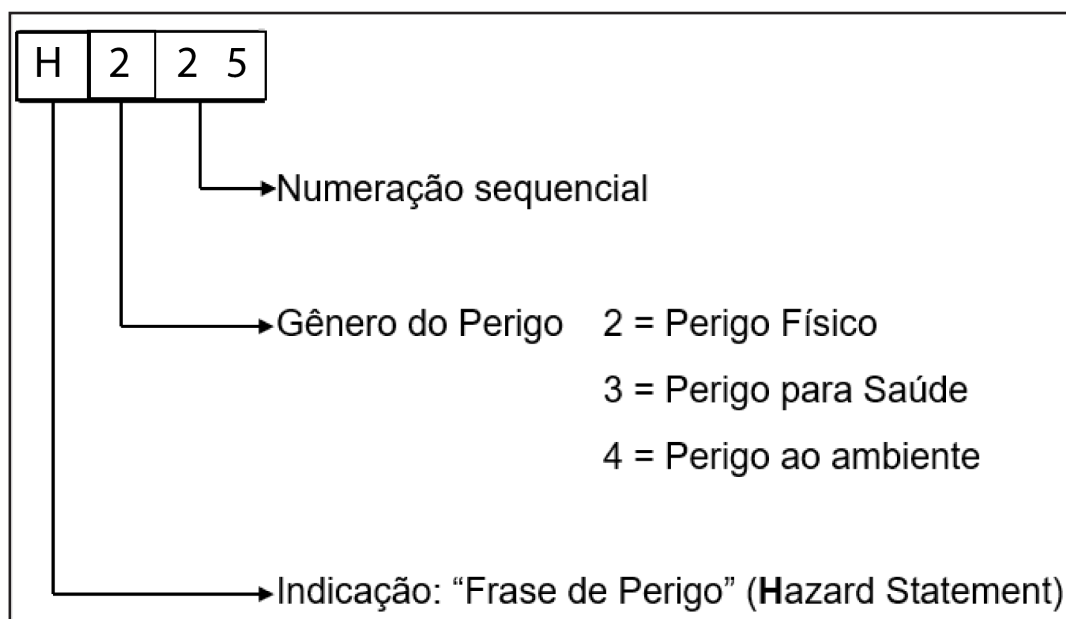
- Informações sobre degradabilidade, em alguns casos, não estão disponíveis.

- Os dados (códigos GHS e degradabilidade) podem ser obtidos nas FISPQ (Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos) ou SDS (*Safety Data Sheet*). As FISPQ podem ser consultadas nas páginas *Web* dos fornecedores de substâncias químicas. Sugerimos utilizar preferencialmente os fornecedores *Merck* e *SigmaAldrich*.

- Nos textos das FISPQ, os códigos GHS encontram-se na Seção 2. Classificação dos perigos. Nessa seção você vai encontrar as chamadas frases de perigo. Um código GHS é construído pela letra H seguida por números, como apresentado na Figura 1. A letra H é utilizada para indicar a Frase de perigo

(*Hazard Statement*). O primeiro número indica o gênero do perigo (físico, saúde ou ambiente). Os dois números seguintes correspondem à numeração sequencial dos perigos.

Figura 1. Estrutura do código das frases de perigo



Fonte: Elaborada pelo autor.

- Informações sobre degradabilidade encontram-se na FISPQ - Seção 12. Informações ecológicas, 12.2. Persistência e degradabilidade. Esta informação nem sempre é disponível na FISPQ ou mesmo na *Web*.

3 - Buscar as FISPQ na *Web*. Sugerimos um dos *links* a seguir. A Figura 2 mostra os passos para encontrar as informações no *Site* da Merck.

Merck (Português)

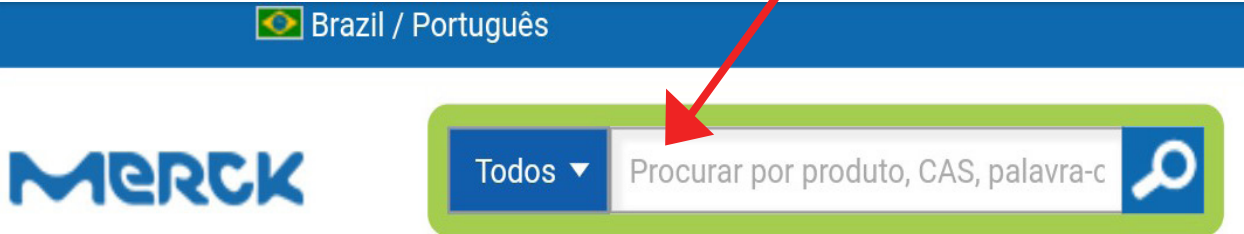
<https://www.merckmillipore.com/BR/pt/systempage.contactus.channel.pagelet2systempage.contactus.channel>

Sigma-Aldrich (Inglês)

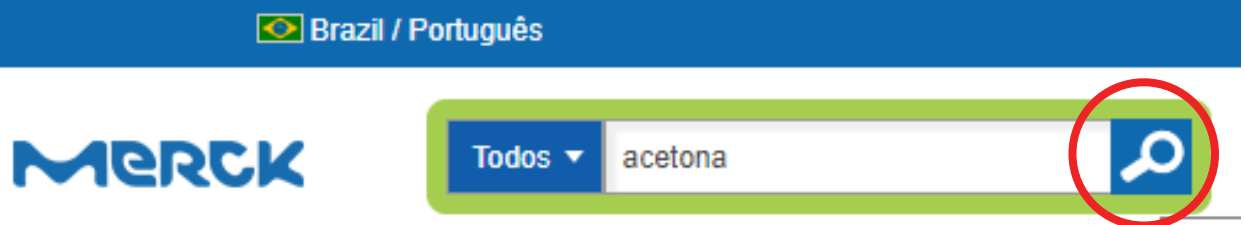
<https://www.sigmaaldrich.com/safety-center.html>.

Figura 2. Sequência de passos para pesquisar dados na FISPQ no Site Merck


1- Digitar o nome da substância.



2 - Clicar na “lupa” para pesquisar.



3 - Clicar em “MSDS” para abrir FISPQ da substância.



4 - FISPQ da substância.

Acetona SDS

Safety Data Sheet for Acetona 822251

Material Safety Data Sheet or SDS for Acetona 822251 from Merck for download or viewing in the browser.

Número de Catálogo [822251](#) Seleccione o idioma [Brasil](#) [Download PDF](#)

Nome do produto [Acetona](#)

1 / 19

Ficha de Informações de Segurança de Produtos
Químicos - FISPQ
De acordo com a NBR 14725-4:2014
Data da revisão 21.06.2018 Versão 1.12

SEÇÃO 1. Identificação do produto e da empresa
1.1 Identificador do produto

| | |
|--------------------------|--|
| No. de catálogo | 822251 |
| Nome do produto | Acetona EMPLURA® |
| Número de registro REACH | Não há número de registro disponível para essa substância, uma vez |

5 - Na seção 2.2, copiar TODOS os códigos GHS da substância.

2.2 Elementos do rótulo

Rotulagem (Perigoso para o meio ambiente)

Pictogramas de risco



Palavra de advertência

Perigo

Frases de perigo

H225 Líquido e vapores altamente inflamáveis.

H319 Provoca irritação ocular grave.

H336 Pode provocar sonolência ou vertigem.

EUH066 Pode provocar ressecamento da pele ou fissuras por exposição repetida.

6 - Na seção 12.2, copiar as informações sobre degradabilidade da substância

12.2 Persistência e degradabilidade

Biodegradabilidade

91 %; 28 d

(IUCLID)

Rapidamente biodegradável.

Fonte: Elaborada pelo autor.

3º Passo: Pesquisar sobre a renovabilidade, ou não, de cada substância

1. Preencha a quarta coluna, Quadro 1, Aba “Substâncias/Pontuação”, da sua planilha com as informações sobre a renovabilidade, ou não, de cada uma das substâncias da primeira coluna. Esta pesquisa você deverá fazer na *Web*, considerando o modo de produção da substância.

Questão 1. Anexe sua planilha preenchida.

Para saber mais

WALLAU, W. M., SANTOS, A. dos S. O Sistema Globalmente Harmonizado De Classificação E Rotulagem De Produtos Químicos (GHS) – Uma Introdução para sua Aplicação em Laboratórios de Ensino e Pesquisa Acadêmica. *Quim. Nova*, Vol. 36, No. 4, 607-617, 2013.

5.4 ATIVIDADE 4

Atividade 4: Como medir o grau verde de cada princípio da Química Verde no gráfico EV?

Na atividade 1, você refletiu sobre quais dos doze princípios estão em jogo no experimento, ou seja, quais serão os princípios avaliados. Consequentemente, definiu-se o número de pontas de sua EV.

Na atividade 2, você leu um texto sobre uma das ferramentas que nos ajudam a verificar o quanto o nosso experimento está de acordo com a filosofia da Química Verde – a métrica gráfica Estrela Verde.

Na atividade 3, você pesquisou os dados para gerar a EV: enumerou todas as substâncias envolvidas no experimento, pesquisou as informações sobre riscos para a saúde, para o ambiente e de acidentes, sobre a degradabilidade e a renovabilidade.

Nesta atividade, vamos conhecer e utilizar os critérios pré-estabelecidos pelos idealizadores da métrica que tornaram possível quantificar o grau verde de cada princípio da QV.

1. PREVENÇÃO DE RESÍDUOS



É mais barato evitar a formação de resíduos tóxicos do que tratá-los depois que eles são produzidos.

5. SOLVENTES AUXILIARES SEGUROS



Substâncias auxiliares como solventes, agentes de purificação e secantes, precisa ser evitada ao máximo; quando inevitável, devem ser inócuos ou reutilizados.

6. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



A utilização de energia pelos processos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos, e por isso, minimizada.

7. FONTES RENOVÁVEIS DE MATÉRIA PRIMA



O uso de biomassa como matéria prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos.

10. PRODUTOS DEGRADÁVEIS

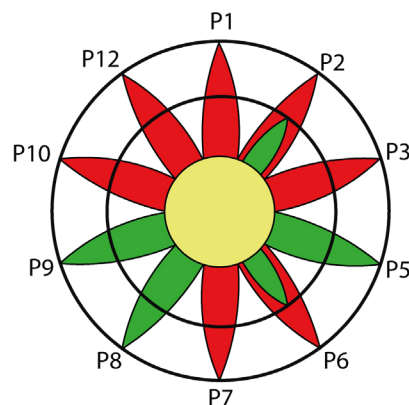
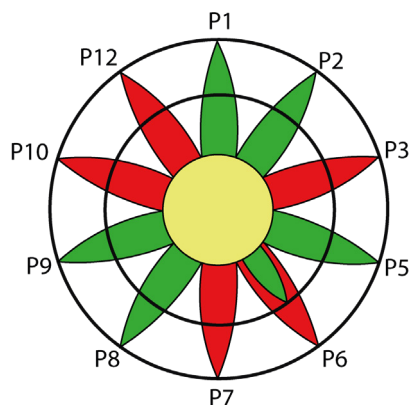
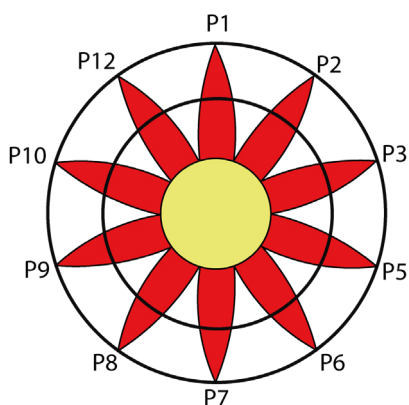


Os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após a utilização não devem permanecer no ambiente, degradando-o.

12. QUÍMICA SEGURA (PREVENÇÃO DE ACIDENTES)



As escolhas das substâncias, bem como a sua utilização em processos qu



Critérios pré-estabelecidos para pontuar os perigos e princípios

Para construir um gráfico é necessário quantificar os parâmetros que queremos avaliar. No caso da EV, esses parâmetros são princípios da QV. Assim foram pré-estabelecidos critérios, apresentados no Quadro 1, para pontuar cada substância de acordo com os perigos físicos, para saúde humana e para o ambiente, segundo a regulamentação do Sistema Globalmente harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS).

Quadro 1. Pontuação e classificação dos perigos das substâncias para construção da métrica Estrela Verde (EV), segundo a regulamentação Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS)

| Perigo | | Código de perigo (GHS) | P ₁ |
|--------------|---|---|----------------|
| FÍSICO | Advertências de perigo | H200, H201, H202, H203, H205, H220, H222, H224, H225, H228 (categoria 1), H270 H271, H272(categoria 2) H240, H241, H242(Tipo C & D), H250, H260, H261(categoria2) H251, H270, H271, H272(categoria 2) | 3 |
| | | H221, H223, H226, H228(categoria 2), H242(Tipo E & F), H252, H261(categoria3), H280, H281 | 2 |
| | | Sem indicação | 1 |
| | Advertências de perigo adicionais utilizadas apenas na União Europeia | EUA001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH044, EUH209 | 3 |
| | | EUH209A | 2 |
| | | Sem indicação | 1 |
| SAÚDE HUMANA | Advertências de perigo | H300, H301, H304, H310, H311, H314, H318, H330, H331, H334, H340, H350, H360, H370, H372 | 3 |
| | | H302, H312, H315, H317, H319, H332, H335, H336, H341, H351, H361, H362, H371, H373 | 2 |
| | | Sem indicação | 1 |
| | Advertências de perigo adicionais utilizadas apenas na União Europeia | EUH029, EUH031, EUH032, EUH070, EUH071, EUH201, EUH202, EUH206, EUH207 | 3 |
| | | EUH066, EUH201A, EUH203, EUH204, EUH205, EUH208 | 2 |
| | | Nenhuma indicação | 1 |
| AMBIENTE | Advertências de perigo | H400, H401, H410, H411, H420 | 3 |
| | | H402, H412, H413 | 2 |
| | | Nenhuma indicação | 1 |
| | Advertências de perigo adicionais utilizadas apenas na União Europeia | EUH059 | 3 |
| | | Nenhuma indicação | 1 |

Fonte: RIBEIRO; YUNE; MACHADO, 2014

P₁ = Pontuação

Para pontuar as substâncias de acordo com a sua degradabilidade e renovabilidade, foram pré-estabelecidos os critérios apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Critérios para pontuação das substâncias quanto à degradabilidade e à renovabilidade para construção da EV

| Degradabilidade e renovabilidade das substancias envolvidas | | |
|--|--|----------------------|
| Características | Critérios | P₁ |
| Degradabilidade | Degradáveis com produtos de degradação inócuos | 1 |
| | Não degradáveis, mas que possam ser tratados para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos | 2 |
| | Não degradáveis e que não possam ser tratados para se obter a sua degradação em produtos de degradação inócuos | 3 |
| Renovabilidade | Renováveis | 1 |
| | Não renováveis | 3 |

P1 = Pontuação

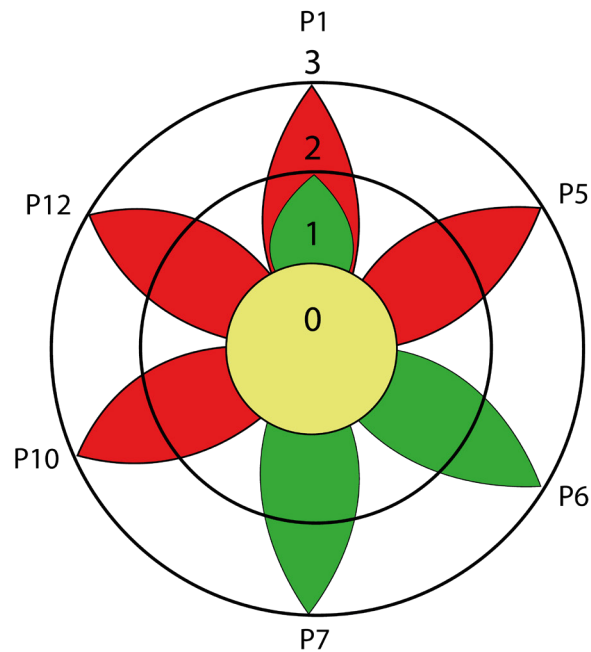
Fonte: RIBEIRO; COSTA; MACHADO, 2010

A cada princípio avaliado é atribuída uma pontuação de 1 a 3, crescente com o grau verde, devendo ser pontuado de acordo com os critérios pré-estabelecidos e apresentados no Quadro 3. A pontuação tem o seguinte significado:

- (3) = Plenamente verde (Caso Ideal: composto, reação, etc., benigno);
- (2) = Moderadamente verde (aceitável, embora com algumas restrições);
- (1) = Ausência total de verdura química (casos malignos ou vermelhos).

Para exemplificar, observe a Figura 1, que apresenta uma EV de seis pontas para um experimento no qual foram avaliados os seis Princípios: (P1), (P5), (P6), (P7), (P10) e (P12). Os Princípios P5, P10 e P12 receberam pontuação 1 (casos malignos ou vermelhos), o Princípio 1 recebeu pontuação 2 (aceitável, embora com algumas restrições) e os Princípios 6 e 7 receberam pontuação 3 (caso Ideal, plenamente verde).

Figura 1. Estrela Verde 6 Pontas (6 Princípios)



Fonte: Elaborada pelo autor.

O que fazer quando não conseguimos avaliar um determinado princípio do nosso experimento?

Quando a avaliação não puder ser feita, seja por falta de dados ou resultados/dados não confiáveis, atribui-se o valor 1, o que significa aplicar o princípio da precaução.

Quadro 3. Critérios para pontuar os Princípios da QV para construção da EV

| Princípio da QV | Critérios | P |
|--|--|---|
| P1 Prevenção | Todos os resíduos são inócuos (P ₁ =1, Quadro 2) | 3 |
| | Resíduos pouco tóxicos (P ₁ =2 ou P ₁ =2 e P ₁ =1, Quadro 2) | 2 |
| | Formação de pelo menos um resíduo tóxico P ₁ =3, Quadro 2) | 1 |
| P2 Economia atômica | Reações sem reagentes em excesso ($\leq 10\%$) e sem formação de coprodutos | 3 |
| | Reações sem reagentes em excesso ($\leq 10\%$) e com formação de coprodutos | 2 |
| | Reações com reagentes em excesso ($> 10\%$) e sem formação de coprodutos | 2 |
| | Reações com reagentes em excesso ($> 10\%$) e com formação de coprodutos | 1 |
| P3 Sínteses menos perigosas | Reações em que todas as substâncias envolvidas são inócuas (P ₁ =1, Quadro 2) | 3 |
| | Reações em que todas as substâncias envolvidas são pouco tóxicas (P ₁ =2 ou P ₁ =2 e P ₁ =1, Quadro 2a, 2a ou 3a) | 2 |
| | Reações que envolvem pelo menos uma substância tóxica (P ₁ =3, Quadro 2) | 1 |
| Princípio da QV | Critérios | P |
| P5 Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras | Os solventes e as substâncias auxiliares envolvidas não existem ou são inócuas (P ₁ =1, Quadro 2) | 3 |
| | Os solventes e as substâncias auxiliares envolvidos são pouco tóxicos (P ₁ =2 ou P ₁ =2 e P ₁ =1, Quadro 2) | 2 |
| | Pelo menos um dos solventes ou uma das substâncias auxiliares envolvidas são tóxicos (P ₁ =3, Quadro 2) | 1 |
| P6 Planificação para conseguir eficácia energética | Temperatura e pressão ambientais | 3 |
| | Pressão ambiental e temperatura entre 0°C e 100°C que implique arrefecimento ou aquecimento | 2 |
| | Pressão diferente da ambiente e temperatura muito afastada da ambiental | 1 |
| P7 Uso de matérias primas renováveis | Todos os reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos são renováveis (P ₁ =1, Quadro 2) | 3 |
| | Alguns dos reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos é renovável (P ₁ =1 e P ₁ =3, Quadro 2) | 2 |
| | Nenhum dos reagentes/matérias-primas/recursos envolvidos é renovável (P ₁ =3, Quadro 2) | 1 |
| P8 Redução de derivatizações | Não se usam derivatizações | 3 |
| | Usa-se apenas uma derivatização ou operação semelhante | 2 |
| | Usam-se várias derivatizações ou operações semelhantes | 1 |

| | | |
|--|--|---|
| P9 Catalisadores | Reações em que não é necessário usar catalisadores ou se utilizam catalisadores inócuos ($P_1=1$, Quadro 2) | 3 |
| | Reações em se utilizam catalisadores pouco tóxicos ($P_1=2$ ou $P_1=2$ e $P_1=1$, Quadro 2) | 2 |
| | Reações em que se utilizam catalisadores tóxicos ($P_1=3$, Quadro 2) | 1 |
| P10 Planificação para a degradação | Todos os reagentes, produtos, etc., são degradáveis com os produtos de degradação inócuos ($P_1=1$, Quadro 3) | 3 |
| | Todos os reagentes, produtos, etc., que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos ($P_1=2$, Quadro 3) | 2 |
| | Pelo menos um dos reagentes, produtos, etc., não é degradável nem pode ser tratado para obter a sua degradação ($P_1=3$ ou $P_1=3$ e $P_1=1/P_1=2$, Quadro 3) | 1 |
| P12 Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes | Atividades em que não pareça haver qualquer risco óbvio de acidente ($P_1=1$, Quadro 2) | 3 |
| | Atividades em que há um risco moderado/baixo de acidente, facilmente controlável ($P_1=2$ ou $P_1=2$ e $P_1=1$, Quadro 2) | 2 |
| | Atividades em que há um risco elevado de acidente ($P_1=3$ ou $P_1=3$ e $P_1=1/P_1=2$, Quadro 2) | 1 |

Fonte: RIBEIRO; COSTA; MACHADO,2010.

Nesta atividade, você deverá

- 1º- Pontuar todas as substâncias utilizadas de acordo com os critérios.
- 2º- Pontuar todos os princípios envolvidos na sua atividade experimental.

PASSOS PARA REALIZAR A PONTUAÇÃO

1º Passo: Abrir o arquivo da sua planilha.

2º Passo: Preencher o Quadro 2 na aba “Substâncias/Pontuação” consultando os dados do Quadro 1 na mesma aba.

► Professor(a), apresentamos, a seguir, um modelo para o Quadro 2.

Quadro 2. Pontuação dos riscos para a saúde, para o ambiente e de acidentes considerando os códigos GHS de todas as substâncias do experimento

| Substância | Pontuação código de Perigo | | | Degradabilidade | Renovabilidade |
|------------|----------------------------|----------|--------|-----------------|----------------|
| | Saúde Humana | Ambiente | Físico | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

3º Passo: Consultar os critérios apresentados anteriormente, nos Quadros 1 (Pontuação e classificação dos perigos das substâncias para construção da métrica Estrela Verde (EV), segundo a regulamentação Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS)) e o Quadro 2 (Critérios para pontuação das substâncias quanto à degradabilidade e à renovabilidade). Se uma substância apresentar mais de um código GHS para um mesmo perigo, considere o mais penalizador para atribuir a pontuação. Veja o exemplo na Tabela 1:

Tabela 1: Seleção do código GHS para substâncias que apresentam mais de um código

| Substância | Códigos GHS = Pontuação | Pontuação |
|------------|-------------------------|-----------|
| X | H225 = 3 | 3 |
| | H229 = 2 | |
| | H252 = 2 | |
| Y | H300 = 3 | 3 |
| | H315 = 2 | |
| | H340 = 3 | |
| Z | H402 = 2 | 2 |
| | H413 = 2 | |

OBSERVAÇÕES

- Códigos que se iniciam com H2 referem-se a perigo físico.
- Códigos que se iniciam com H3 referem-se a perigo para Saúde Humana.
- Códigos que se iniciam com H4 referem-se a perigo para o ambiente.

4º Passo: Preencher o Quadro 3 na aba “Substâncias/Pontuação”. Para preencher o Quadro 3, utilize os dados do Quadro 2. Consulte os critérios apresentados anteriormente, no Quadro 3, para descobrir a pontuação de cada princípio.

► **Professor(a) Apresentamos, a seguir, um modelo para o Quadro 3.**

Quadro 3. Pontuação dos Princípios para construir a Estrela Verde

| Princípios | P1 | P5 | P6 | P7 | P10 | P12 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Pontuação | | | | | | |

O Quadro 3 só apresenta os princípios P1, P5, P6, P7, P10 e P12 porque:

- Embora a EV contemple todos os princípios da QV, no contexto do ensino, como não se pretende criar novos produtos e não monitora em tempo real os processos de fabricação, os princípios P4 e P11 não se aplicam.
- Como a atividade experimental “Extração da cafeína do chá preto” não é uma reação de síntese, os princípios P2, P4, P8, P9 e P11 não foram incluídos.

Questão 1. Anexe sua planilha preenchida.

Para saber mais

RIBEIRO, M. G. T. C.; YUNES, S. F.; MACHADO, A. A. S. C. Assessing the Greenness of Chemical Reactions in the Laboratory Using Updated Holistic Graphic Metrics Based on the Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, *Journal of Chemical Education*, 91, 1901-1908, 2014.

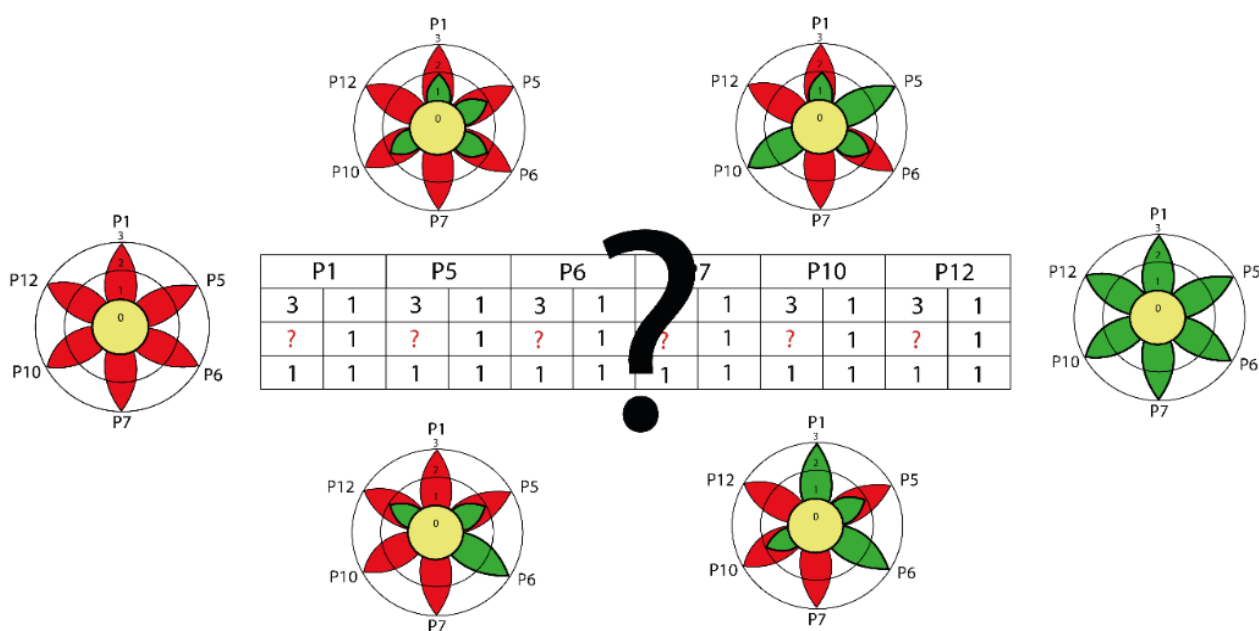
5.5 ATIVIDADE 5

O experimento avaliado atende aos princípios da Química Verde?

Agora que você já tem todos os dados, é hora de criar a Estrela Verde e responder:

- O experimento realizado atende aos princípios da Química Verde?

Para responder esta pergunta, vamos utilizar a métrica gráfica Estrela Verde. A EV é um gráfico radial que pode ser criado utilizando planilhas eletrônicas.



Como criar um gráfico radial na planilha do Google?

1º Passo: Abrir o arquivo que contém a sua planilha.

2º Passo: Na Aba “Estrela”, preencha as células em azul da linha do “Experimento em análise”, Quadro 4 da planilha, com os valores atribuídos aos princípios, localizados no Quadro 3, segunda Aba da sua planilha.

► Professor(a), ao criar a sua planilha, sugerimos nomear a segunda Aba por: Estrela.

► Professor(a), apresentamos, a seguir, um modelo para o Quadro 3.

| Princípio | P1 | | P5 | | P6 | | P7 | | P10 | | P12 | |
|------------------------|----|---|----|---|----|---|----|---|-----|---|-----|---|
| Experimento ideal | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| Experimento em análise | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 | | 1 |
| Experimento execrável | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

A primeira linha (célula verde) refere-se a uma experiência ideal, experimento plenamente verde, em que um dos princípios é preenchido com a pontuação 3. A célula seguinte é preenchida pelo valor 1.

A segunda linha (célula azul) refere-se a uma experiência real, experimento que você quer analisar. Cada um dos princípios é preenchido com a pontuação que você determinou a partir dos seus dados e dos critérios pré-estabelecidos (Atividade 4). A célula seguinte é preenchida pelo valor 1.

A terceira linha (célula vermelha) refere-se a uma experiência execrável, ausência total de qualquer grau verde, em que um dos princípios é preenchido com a pontuação 1. A célula seguinte é preenchida pelo valor 1.

A Figura 1 apresenta uma tabela preenchida com todos os dados necessários para gerar a EV de um experimento.

Figura 1. Modelo de tabela preenchida com dados para construir EV

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|---|----------------------|----|---|----|---|----|---|----|---|-----|---|-----|---|
| 1 | Princípio | P1 | | P5 | | P6 | | P7 | | P10 | | P12 | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Protocolo Ideal | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| 4 | Protocolo em Análise | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 5 | Protocolo Execrável | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Pontuação dos Princípios do Protocolo em Análise

Fonte: Elaborada pelo autor.

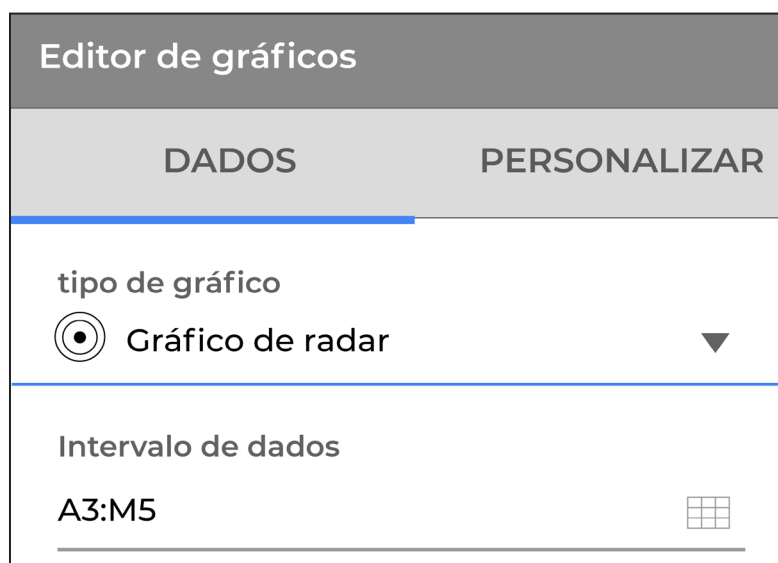
3º Passo: Selecionar todas as informações da tabela para gerar o gráfico.

- Após a finalização da sua tabela, selecione TODAS as células que foram preenchidas somente com números. Clique em “Inserir”.

4º Passo: Escolher o tipo de gráfico.

- Selecione o gráfico de radar (Figura 2).

Figura 2. Seleção do gráfico radar



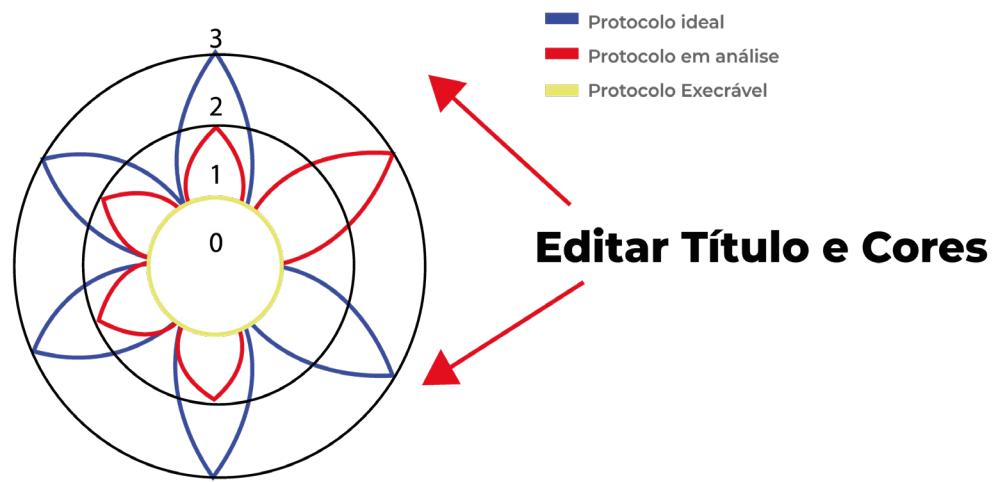
Fonte: Elaborada pelo autor

5º Passo: Editar o gráfico.

- Para finalizar a construção da Estrela Verde, edite o seu gráfico (Figura 3).

Figura 3. Edição do gráfico

Protocolo Ideal, Protocolo em Análise, Protocolo Execrável



Fonte: Elaborada pelo autor.

- **Título:** clique com o botão direito sobre o título para obter as opções para a sua edição (Figura 4).

Figura 4. Edição do gráfico

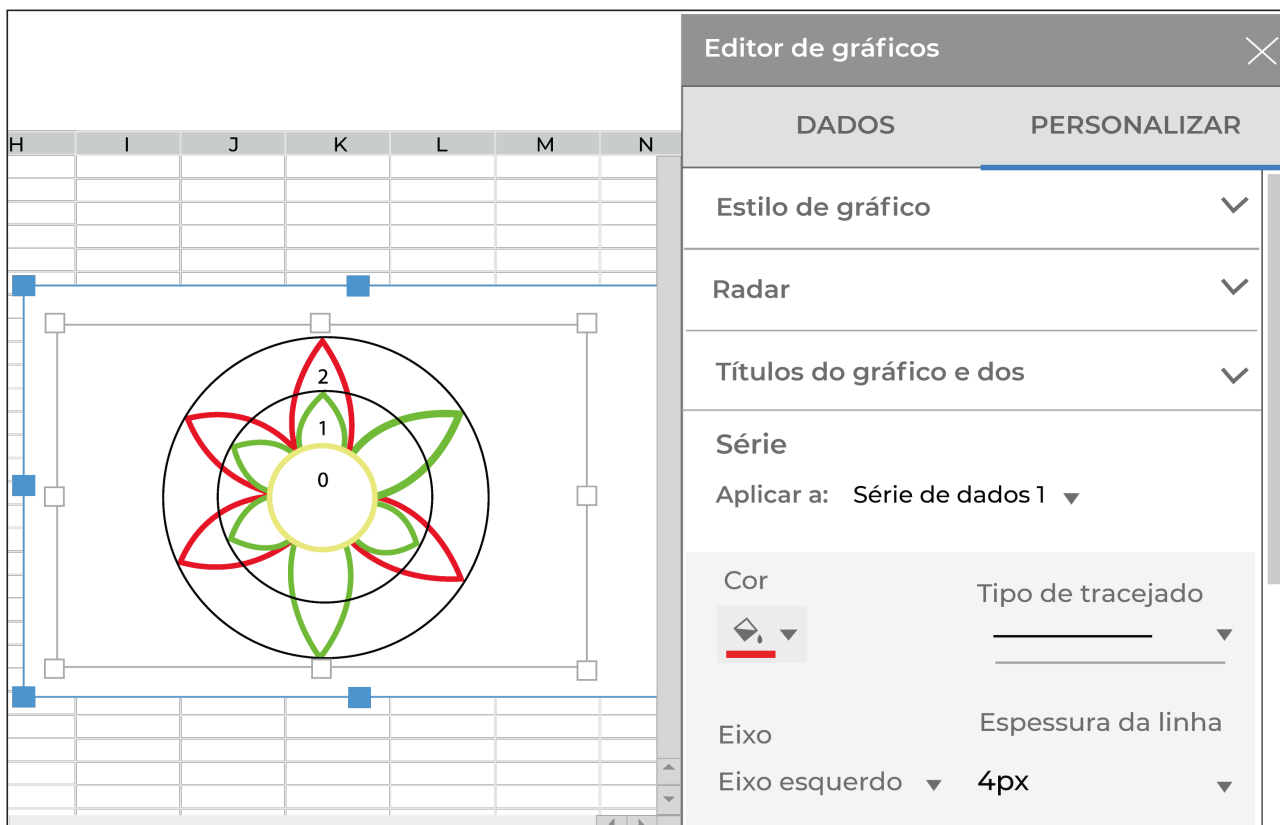
The image displays a software interface for editing a radar chart. On the left, a radar chart titled "ESTRELA VERDE" is shown with three data series: "Protocolo ideal" (blue), "Protocolo em análise" (red), and "Protocolo Execrável" (yellow). The chart has four axes labeled 0, 1, 2, and 3. To the right of the chart is a legend with colored squares corresponding to the series. On the right side of the interface is a panel titled "Editor de gráficos" with two tabs: "DADOS" and "PERSONALIZAR". The "PERSONALIZAR" tab is active and contains the following settings:

- Estilo de gráfico: [dropdown arrow]
- Radar: [dropdown arrow]
- Títulos do gráfico e dos: [dropdown arrow]
- Tipo: Título do gráfico
- Texto do título: ESTRELA VERDE
- Fonte do título: Roboto [dropdown arrow]
- Tamanho da fonte do título: Automático [dropdown arrow]
- Formato do título: [B I [underline icon] dropdown arrow]
- Cor de texto do título: [A dropdown arrow]

Fonte: Elaborada pelo autor.

- **Preenchimento:** clique com o botão sobre a linha a ser preenchida para obter as opções para a sua edição (Figura 5).

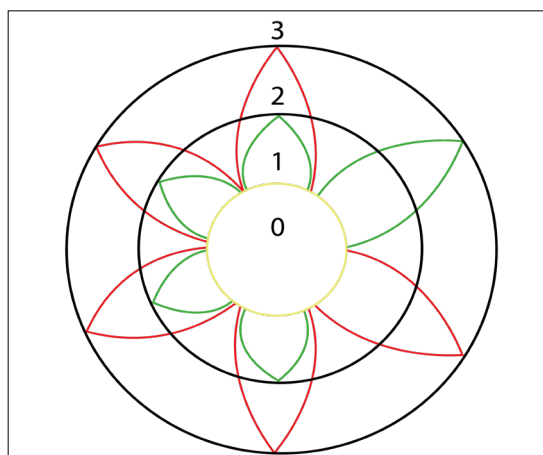
Figura 5. Edição do gráfico



Fonte: Elaborada pelo autor.

6º Passo: Gráfico finalizado! (Figura 6).

Figura 6. Gráfico finalizado: Estrela Verde



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para identificar as pontas da estrela referentes a cada princípio analisado, pode-se utilizar outras ferramentas de edição.

Questão 1. Anexe sua planilha e o gráfico editado.

Questão 2. Considere a EV construída e discuta em quais aspectos o experimento atende aos princípios da Química Verde.

Questão 3. Proponha uma alternativa para esverdear este experimento.

Para saber mais

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C. Uma métrica gráfica para a avaliação holística da verdures de reações laboratoriais “Estrela Verde”. **Qui. Nova**, v.33, n3, p. 759-764, 2010.

COSTA, D. A.; RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C., Análise da Verdura das Actividades Laboratoriais do 11º Ano do Ensino Secundário, Química, **Bol. S. P. Q.**, 2011, 123, 63.

7. REFERÊNCIAS

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**; Oxford University Press: Oxford, 1998.

COSTA, D. A. **Métricas de avaliação da Química Verde** – aplicação no ensino secundário, 2011, 301 p. Tese (Doutorado em Ensino e Divulgação das Ciências) - Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal. Disponível em: <<http://educa.fc.up.pt/v2/ficheiros/investigacao/61/VER%20TESE%20de%20Dominique%20A.%20Costa.pdf>>. Acesso em abr. 2016.

DOLZ, J.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: _____. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 81-108.

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C.; “Green Star”: a holistic Green Chemistry metric for evaluation of teaching laboratory experiments; **GC Letters & Reviews**. 2010, 3, 149-159. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250895987_Green_Star_a_holistic_Green_Chemistry_metric_for_evaluation_of_teaching_laboratory_experiments>. Acesso em: 27 jul. 2017.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Tradução Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

