

DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO COMO FERRAMENTA AUXILIAR PARA EDUCAÇÃO E PESQUISA EM QUÍMICA VERDE

Matheus W. S. Freitas¹; Jonathan M. T. Silva¹; Rafael S. C. Magalhães¹; Queli A. R. Almeida¹.

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Duque de Caxias.

Palavras-Chave: Métricas Holísticas, Estrela Verde, Aplicativo.

Introdução

Ao se tratar de problemas ambientais, muitos olhares enviesados por ditos populares apontam para o mundo químico como um dos principais responsáveis, não percebendo que existem efeitos benéficos advindos de suas pesquisas e suas próprias maneiras de prevenir ou reduzir resíduos. Dentre essas medidas destaca-se a Química Verde (QV), que busca o uso e aplicação de processos e produtos químicos visando uma melhoria na saúde e no meio ambiente que nos cerca, almejando a sustentabilidade. Há 12 princípios já muito bem relatado na literatura que são usados quando se quer trabalhar com essa filosofia e abrangem áreas desde produtos biodegradáveis até a redução de custos energéticos (Anastas et al, 2019).

Apesar de sua evidente importância tanto para o ambiente quanto para a preservação de espécies e ecossistemas, o ramo da Química Verde ainda não é amplamente discutido no mundo acadêmico. Parte disso se dá pela difícil acessibilidade aos seus recursos e informações, tornando complexa a experiência introdutória e a aplicação de seus conceitos.

Sem avaliação do grau de veracidade, os objetivos teóricos da QV podem divergir da realidade prática, onde variáveis inerentes às transformações da matéria influenciam o resultado. Portanto, métricas foram criadas para representar – globalmente – aspectos multivariados de qualquer análise de veracidade (Machado, 2015). A Estrela Verde – EV é uma das métricas adotadas, por ser de fácil leitura visual e simples compreensão global do processo avaliado. Ela pode ser utilizada para experimentos com ou sem síntese envolvida e é constituída por uma estrela com o número de pontas necessárias, de acordo com o número de princípios da Química Verde analisados nesse determinado experimento (6 ou 10 princípios), que são pontuados e a razão global das pontuações atribuídas gera o Índice de Preenchimento da Estrela – IPE, que por sua vez é a informação principal dessa métrica. A EV de 10 pontas é a mais comum, onde P4 e P11 são evitados por não haver síntese de novos produtos. A de 6 pontas é concebida para processos de purificação, separação de compostos e extrações. O conhecimento da veracidade global dos experimentos apresentados poderá auxiliar na conscientização dos profissionais quanto ao impacto que as atividades químicas têm no ambiente na saúde humana.

É de extrema importância o uso facilitado dessa ferramenta tão importante e hoje, a construção dessas estrelas são limitadas ao uso do *software Microsoft Excel*, que apesar de se configurar como excelente ferramenta para construção de gráficos, não é devidamente adaptado para esse tipo de trabalho, no qual se é necessário construir pontas com indicadores variáveis não se encaixando em modelos padrões sendo, então, necessário o uso de diversas tabelas para reproduzir tal tarefa.

Este trabalho apresenta a construção de um aplicativo para a facilitação de criação de Estrelas Verdes (EV) para ser usado em experimentos, através do uso de tecnologias que

oferecem uma forma viável e prática de ensino e pesquisa. (Greszczyszyn et al, 2016).

O aplicativo “Métricas de Química Verde”, criado para dispositivos *Android*, faz uso de uma interface mais fácil para otimizar a montagem de estrelas, incluindo tabelas com as métricas necessárias e tutoriais de como preenchê-las, assim como, uma área para a própria construção da estrela, a fim de se melhorar o primeiro contato de alunos e pesquisadores com a temática e essa métrica tão importante. O aplicativo é gratuito para celular, com todas as informações necessárias e otimizado para esta função, servindo assim, como ferramenta auxiliar de estudo e ensino de Química Verde nas escolas.

Material e Métodos

A produção do aplicativo teve seu início em junho de 2024, sendo dividido em duas etapas, a etapa de pesquisa e desenvolvimento e a etapa de teste fechado e lançamento. O estudo e pesquisa sobre *frameworks* e *softwares* de desenvolvimento mobile foi parte vital do processo, configurando o primeiro passo para produzir o aplicativo.

O *framework* escolhido foi o *Flutter*, desenvolvido e lançado pela *Google* em 2015, utilizando *Dart* como linguagem de programação principal, desenvolvida pela mesma empresa e lançada em 2011. O ambiente de desenvolvimento integrado, ou IDE (sigla do inglês, *Integrated Development Environment*) escolhido foi o *Android Studio*.

A escolha de tais tecnologias foram baseada em diversos fatores, tendo como principal, a possibilidade de produção e desenvolvimento de aplicações para sistemas operacionais *Android* e *IOS*. Contudo, como o *framework* foi desenvolvido pela *Google*, que também desenvolveu o sistema *Android*, há certas limitações para o desenvolvimento *IOS* em termos de *UX Design*, a parte da programação que trabalha com o *design* para experiência do usuário.

O lançamento do aplicativo foi planejado inicialmente apenas para plataforma *Play Store*, disponível somente em dispositivos *Android*, que configuram cerca de 80% do mercado *mobile*, portanto, as limitações relacionadas ao *IOS* não foram levadas em consideração. Assim, ao escolher e estudar as tecnologias a serem utilizadas, o desenvolvimento do aplicativo foi iniciado.

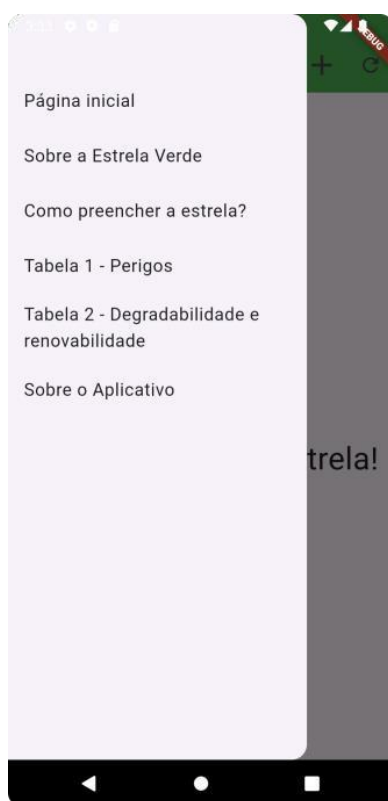
O aplicativo foi planejado como uma ferramenta para construir EVs de forma prática e rápida dentro de um laboratório ou sala de aula, ambientes onde muitas vezes não há computadores disponíveis para todos ali presentes. Além disso, a ferramenta existente para construção das Estrelas é o *Microsoft Excel*, funcionando apenas na versão para *desktop* do programa e necessitando de uma assinatura paga. Importante destacar que durante o desenvolvimento, o planejamento foi alterado para adicionar outras métricas de QV em atualizações futuras.

Após o término da pesquisa e desenvolvimento, o aplicativo foi submetido ao estágio de “Teste Fechado”, etapa exigida pela plataforma *Play Console* para lançamento na *Play Store*. Nessa etapa, usuários de dispositivos *android* foram recrutados para testar o aplicativo. O teste ocorreu durante quatorze dias com pelo menos vinte testadores. Após o período destacado, foi possível solicitar a evolução do estágio de teste para o estágio de lançamento, disponibilizando a aplicação na loja de aplicativos supracitada.

Resultados e Discussão

O aplicativo desenvolvido recebeu o nome “Métricas de Química Verde”, estando disponível na *Play Store* desde o dia 19 de agosto de 2024. Até o dia da escrita do presente trabalho, o aplicativo conta com a função para utilizar a métrica Estrela Verde (EV), contendo informações sobre a mesma, como montá-la, e uma ferramenta com os materiais necessários para construí-la. Na figura 1 apresentamos o menu inicial do aplicativo.

Figura 1: Imagem do menu do aplicativo



Fonte: acervo dos autores, 2024

A ferramenta de construção da Estrela Verde conta com duas opções: construir uma EV de seis pontas, para experimentos sem síntese, ou construir uma EV de dez pontas, para experimentos com síntese. Para construir a EV desejada, basta preencher um pequeno formulário que possui ferramentas capazes de ajudar a atribuir a pontuação aos princípios necessários para aquela pesquisa.

As pontuações obtidas para a construção da estrela se baseiam, como dito anteriormente, nos 12 princípios da QV e na Fichas de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) como visto na tabela 1.

Tabela 1. Pontuações (p) para a construção da Estrela Verde

Princípio da QV	Critérios	p
P1 – Prevenção	Todos os resíduos são inócuos (p=1, tabela 1a)	3
	Resíduos que envolvam perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1a, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Formação de pelo menos um resíduo que envolva perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	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	Todas as substâncias envolvidas são inócuas (p=1, tabela 1)	3
	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas apresenta perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	1
P5 – Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	Os solventes e as substâncias auxiliares não existem ou são inócuas (p1, tabela 1)	3
	Os solventes e as substâncias auxiliares usadas envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3)	2
	Pelo menos um dos solventes ou uma das substâncias auxiliares usadas envolve perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	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 ambiental e/ou temperatura > 100 °C ou menor do que 0 °C	1
P7 – Uso de matérias primas renováveis	Todos os reagentes/matérias-primas envolvidos são renováveis (p=1, tabela 2)	3
	Pelo menos um dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água (p=1, tabela 2)	2
	Nenhum dos reagentes/matérias-primas envolvidos é renovável, não se considera a água (p=3, tabela 2)	1
P8 – Redução de derivatizações	Sem derivatizações ou com uma etapa	3
	Usa-se apenas uma derivatização ou duas etapas	2
	Usam-se várias derivatizações ou mais do que duas etapas	1
P9 – Catalisadores	Não se usam catalisadores ou os catalisadores são inócuos (p1, tabela 1)	3
	Utilizam-se catalisadores que envolvem perigo moderado para a saúde e ambiente (p=2, tabela 1)	2
	Utilizam catalisadores que envolvem perigo elevado para a saúde e ambiente (p=3, tabela 1)	1
P10 – Planificação para a degradação	Todas as substâncias envolvidas são degradáveis com os produtos de degradação inócuos (p=1, tabela 2)	3
	Todas as substâncias envolvidas que não são degradáveis podem ser tratados para obter a sua degradação com os produtos de degradação inócuos (p=2, tabela 2)	2
	Pelo menos uma das substâncias envolvidas não é degradável nem pode ser tratado para obter a sua degradação com produtos de degradação inócuos (p=3, tabela 2)	1
P12 – Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	As substâncias envolvidas apresentam perigo baixo de acidente químico (p=1, tabela 1, considerando os perigos físicos e de saúde)	3
	As substâncias envolvidas apresentam perigo moderado de acidente químico (p=2, tabela 1, pelo menos para uma substância, sem substâncias com p=3, considerando os perigos físicos e de saúde)	2
	As substâncias envolvidas apresentam perigo elevado de acidente químico (p=3, tabela 1, considerando os perigos físicos e de saúde)	1

Fonte: Sandri e autores, 2017

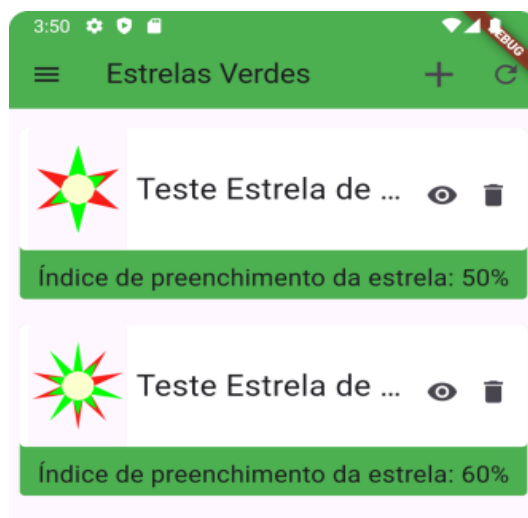
O aplicativo tem duas possibilidades de construção da EV, uma de 6 pontos para aquela que não envolve experimentos com síntese e outra de 10 pontos para experimentos que envolvam síntese conforme visto na figura 2.

Figura 2: Imagem do formulário para produzir uma estrela de seis e dez pontas

Fonte: acervo dos autores, 2024

Ao finalizar a criação de sua EV, após colocar todos os critérios, o usuário é levado de volta para a página inicial, onde se depara com todas as estrelas criadas até o momento, o cálculo do índice de verdura do experimento e ainda tem as opções de visualizá-las, deletá-las ou criar novas (Figura 3).

Figura 3: Imagem da página inicial do aplicativo.



Fonte: acervo dos autores, 2024

Na fase do teste fechado, *feedbacks* são levados ao desenvolvedor a partir de avaliações e observações dos testadores, encaminhadas por *e-mail* conforme recomendação da plataforma. Essa etapa visa identificar as potencialidades do aplicativo, assim como as fragilidades.

Nas avaliações recebidas não foram encontrados erros graves de funcionamento no aplicativo, com asúnicas debilidades encontradas estando relacionadas a responsividade e a falta de uma forma fácil de editar a estrela.

Em alguns casos, a formatação do aplicativo acaba por ser alterada devido a diferenças de resolução de tela e sistema operacional dos dispositivos *Android*. Essa fragilidade é relacionada à responsividade do aplicativo, que é a capacidade de um programa de se adaptar e responder da forma planejada em diferentes dispositivos.

Outra vulnerabilidade é a possibilidade de haver a necessidade de alterar uma EV já criada. Atualmente, a forma para tal é recriar a estrela, repetindo o nome dado a ela. Essa fragilidade foi resolvida com uma adição de uma ferramenta de edição da EV criada.

Como potencialidades foi notada a capacidade do aplicativo de exercer a função de forma excelente, mesmo com as fragilidades supracitadas, ou seja, criar, armazenar e gerenciar Estrelas Verdes de forma fácil, rápida e acessível dentro de um laboratório ou sala de aula.

Além disso, o aplicativo pode ser utilizado integralmente sem necessidade de acesso a internet e a quantidade de Estrelas Verdes que podem ser armazenadas depende apenas da capacidade de processamento e armazenamento do dispositivo *Android* utilizado, podendo assim, armazenar uma quantidade considerável de arquivos.

Conclusões

O aplicativo foi baseado na tabela de excel produzida por Machado e autores (2010) e possuído o material necessário para a utilização dessa métrica, se tornando assim uma versão eficaz *mobile*, de fácil acesso e gratuita. Possuindo o conhecimento teórico e a ferramenta de construção de Estrelas Verdes, o aplicativo provou-se útil ao ser utilizado em sala de aula, pois evitou a necessidade de deslocar a turma para um laboratório de informática para que construíssem as EVs requisitadas, já que temos agora a ferramenta necessária para realizar a tarefa em celulares.

Em um laboratório de pesquisa também mostrou-se eficaz, pois foi eliminada a necessidade de um computadores com uma assinatura do pacote *Office*. Isso possibilita a análise de uma experimento rapidamente, levando a fazer as melhores escolhas de reagentes e solventes para aplicação dos princípios da QV.

Para adequação aos pilares sustentáveis (economia, ambiente e sociedade), a Química precisa construir coletivamente seu legado. A educação está relacionada com a capacidade de contribuir com o desenho de uma sociedade crítica e responsável com o impacto de suas escolhas (Rauch, 2015). Esforços pelo esverdeamento do currículo escolar em química – bem como na formação dos professores responsáveis por essa área – fazem parte de iniciativas que prezam o desenvolvimento sustentável. Entretanto, a QV ainda carece de relatos práticos sobre o impacto da inserção de seus ideais na educação básica e na formação dos profissionais que nela atuam (Almeida *et al.*, 2019).

Como perspectiva futura, novas métricas de massa e energia serão adicionadas ao aplicativo. Os resultados obtidos com o uso do aplicativo em sala de aula nas disciplinas de Química Verde e Química Orgânica Experimental para alunos dos cursos de Licenciatura em Química e técnico em Química evidenciam que trabalhar a filosofia verde no contexto acadêmico



é crucial para a formação de profissionais comprometidos com a sustentabilidade de suas atividades.

Agradecimentos

Aos discentes da turma da disciplina Química Verde do IFRJ campus Duque de Caxias que realizaram a fase de testes do aplicativo e todos os demais discentes que utilizaram o aplicativo nas aulas de Química Orgânica Experimental.

Referências

Almeida, Q. A. R., & Silva, G. A. L. Química verde em métodos sintéticos: aplicação de novas metodologias experimentais na formação de professores de química. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.14, n.3, p. 289-304, 2019.

Anastas, P. T.; Warner, J. C. **Green Chemistry: Theory and Practice**. New York: Oxford University Press, 2000.

Greszczyszyn, M. C. C.; Filho, P. S. C.; Monteiro, E. L. **Aplicativos Educacionais para Smartphone e sua Integração Com o Ensino de Química**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Rev. Ens. Educ. Cienc. Human., Londrina, v.17, n.esp. Selitec 15/16, p.398-403, 2016.

Machado, A. A. S. C. Holistic Green Chemistry Metrics for use in Teaching Laboratories. In: Mammino, L.; Zuin, V. G. (Eds.). **Worldwide Trends in Green Chemistry Education**. Royal Society of Chemistry: London, p. 16-26, 2015.

Rauch, F. Education for Sustainable Development and Chemistry Education. In: Mammino, L.; Zuin, V. G. (Eds.). **Worldwide Trends in Green Chemistry Education**. Royal Society of Chemistry, p. 16-26, 2015.

Ribeiro, M. G. T. C.; Costa, D. A.; Machado, A. A. S. C. **Uma métrica gráfica para avaliação holística da veracidade de reações laboratoriais - "Estrela Verde"**. Química Nova, v. 33 n. 3, 2010.

Sandri, M C M; Santin Filho, **Análise da Verdura Química de Experimentos Propostos para o Ensino Médio**. Actio: Docência em Ciências. V. 2, n. 2, p. 97-118, Curitiba - jul./set. 2011.