

v. 1, 2021
Fluxo Contínuo

John Wesley Grando, MSc.

Professor do Grupo Positivo



0000-0003-0256-3184



wesleygrando@gmail.com

Maria das Graças Cleophas, Dra.

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana (UNILA)



0000-0002-5611-2437



maria.porto@unila.edu.br

ANÁLISE DE APLICATIVOS MÓVEIS DE REALIDADES DIGITAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA A PARTIR DE UM MODELO HEURÍSTICO

Analysis of mobile digital realities applications for chemistry teaching from a heuristic model

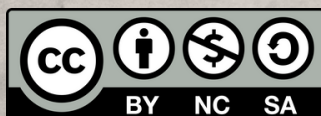
Resumo: Tecnologias Digitais, como a Aprendizagem Móvel e as Realidades Digitais (RD), estão cada vez mais sendo utilizadas para o Ensino de Química, seja durante as aulas curriculares ou em atividades práticas. Porém, parece faltar meios de analisar sistematicamente essas tecnologias e o quão podem ser úteis no processo de ensino. Este artigo teve como objetivo investigar como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as RD, sendo um estudo qualitativo que utilizou um modelo autoral para analisar os aplicativos móveis, do sistema Android, que utilizam RD no Ensino de Química. Esse modelo foi proposto a partir das teorias dos Níveis de Compreensão do Conhecimento Químico e das Heurísticas de Usabilidade. Encontrou-se, de maneira geral, que a proposta de construção do conhecimento químico a partir dos aplicativos móveis de RD se dá de maneira 'ferramental', isto é, os aplicativos são desenvolvidos e propostos para serem meramente uma ferramenta complementar ao trabalho do professor. Sugere-se que pesquisas envolvendo os níveis de compreensão do conhecimento químico sejam realizadas a fim de diminuir esse caráter meramente instrumental.

Palavras-chave: Ensino de Química. Aprendizagem móvel. Avaliação.

Abstract: Digital Technologies, such as Mobile Learning and Digital Realities (DR), are increasingly being used for teaching Chemistry, either during curriculum classes or in practical activities. However, there seems to be a lack of ways to systematically analyze these technologies and how they can be useful in the teaching process. This article aimed to investigate how the proposal for the construction of chemical knowledge from mobile applications that use DR takes place, being a qualitative study that used an authorial model to analyze mobile applications, from the Android system, which use DR in Education of Chemistry. This model was proposed from the theories of Comprehension Levels of Chemical Knowledge and Usability Heuristics. It was found, in general, that the proposal to build chemical knowledge from DR mobile apps takes place in a 'tooling' way, that is, the apps are developed and proposed to be merely a complementary tool to the teacher's work. It is suggested that research involving levels of understanding of chemical knowledge be carried out in order to reduce this merely instrumental character.

Keywords: Chemistry Teaching. Mobile Learning. Assessment.

GRANDO, J. W.; CLEOPHAS, M. G. Análise de aplicativos móveis de realidades digitais para o ensino de química a partir de um modelo heurístico. RITECiMa, Foz do Iguaçu, v.1, p.152-165, 2021.



Introdução

De acordo com os relatórios mais recentes da União Internacional de Telecomunicações (ITU) – órgão filiado à Organização das Nações Unidas especializado em tecnologias de informação e comunicação (ITU, 2018), especificamente 90% das pessoas podem acessar a internet a partir de dispositivos móveis, sendo que quase a totalidade da população, cerca de 96%, vive ao alcance de uma rede celular móvel.

Em relação a órgãos internacionais, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2014) produziu um documento intitulado “Diretrizes de políticas da UNESCO para aprendizagem móvel”, no qual, entre várias instruções e recomendações, sumariamente incentiva que a educação e os educadores passem a utilizar melhor e com mais frequência a aprendizagem móvel em sala de aula.

Diante desse cenário de crescimento exponencial da presença de dispositivos móveis na sociedade como um todo, e, também, ao estímulo do uso de Tecnologias Digitais (TD) que utilizem esse tipo de dispositivos, surgem diversas categorias de aplicativos voltados para o ensino de quaisquer áreas do conhecimento. Ainda, de acordo com Pence, Williams e Belford (2015), uma das categorias de aplicativos móveis que mais cresce para o ensino de Química é a de Realidades Digitais (RD), que abarca as Realidades Aumentada (RA), Virtual (RV) e Mista (RM). Conforme os autores preconizam, há perspectivas para que essas ferramentas tecnológicas sejam incluídas nos kits básicos de ensino da Química nos laboratórios e salas de aula, num futuro não tão distante de nós.

Porém, uma dúvida pode surgir quando se observa os dados levantados e se discute a presença cada vez mais acentuada dessas tecnologias dentro do ambiente de ensino da Química: como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam a RV, a RA e a RM?

Assim, o objetivo geral desse artigo foi investigar como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as RD, sendo que especificamente buscou-se pesquisar sobre a Aprendizagem Móvel no Ensino de Química, entender as diferentes teorias de como ocorre a compreensão do conhecimento químico, constituir um modelo para analisar aplicativos de RD e, por consequência, analisar Aplicativos Móveis de RD para o ensino de Química.

BACKGROUND

Aprendizagem móvel no ensino de química

De acordo com Kukulska-Hulme e Traxler (2005), o conceito de Aprendizagem Móvel (AM), está intimamente atrelado ao uso de dispositivos móveis, como smartphones, palmtops, tablets ou notebooks, em atividades ligadas ao ensino.

Observando a contribuição de Traxler (2009, p. 10) para o tema, pode-se inferir que a AM é uma ferramenta que possibilita o acesso à informação, sendo que, com esse acesso “em qualquer lugar, qualquer hora, o papel da educação, especialmente a formal, é confrontado e as relações entre educação, sociedade e tecnologia estão mais dinâmicas do que nunca”.

Esse conceito onipresente de acesso à informação e educação pode ser traduzido, conforme explicita Wang (2018, p. 130), com o termo “ubiquidade”. O pesquisador ainda complementa a Aprendizagem Móvel Ubíqua com o que pode ser traduzido como a ‘Aprendizagem dos três Q’s’, ou seja, uma amálgama composta por ‘Qualquer conteúdo, Qualquer hora e Qualquer lugar’ – tradução para 3A (Any content, Any time, Any location).

Transportando esse tópico para dentro do Ensino de Química, pode se discutir o uso de caminhos alternativos em contraposição aos meios tradicionais utilizados para auxiliar na visualização de conceitos abstratos dentro da disciplina, sendo essa a situação que, hipoteticamente, se pode inserir a integração da Química com a AM, pois, com o auxílio dessas tecnologias, os alunos podem controlar, combinar e interagir com um modelo de três dimensões de partículas usando as RD, além de realizar uma série de experimentos (CAI; WANG; CHIANG, 2014).

Porém, essa área do Ensino de Química é ainda pouco explorada. Conforme apontam Cleophas et al. (2015), apesar das pesquisas estarem aumentando em número, a discussão permeia aspectos técnicos da utilização dessas tecnologias, tendo, relativamente, um menor número de pesquisas que analisam a perspectiva didática-educacional. E é importante lembrar que, de acordo com Pence, Williams e Belford (2015), o número de aplicativos que utilizam a AM, aliadas a outras TD, tende a crescer e tornar-se cada vez mais natural.


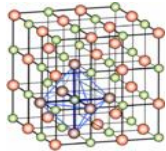

Portanto, é necessário discutir-se os diferentes meios de compreender e utilizar essa gama de tecnologias para o ensino da Química, de forma que tanto o professor quanto o aluno tenham noção do que está sendo apresentado a eles e que possam extrair melhor as informações e conceitos envolvidos no processo.

MODELO DE HEURÍSTICAS QUÍMICAS PARA APLICATIVOS MÓVEIS

Neste tópico será apresentado o modelo construído para embasar os testes, avaliações e análises dos aplicativos selecionados. Esse modelo foi confeccionado pelos autores deste artigo utilizando como bases teóricas a teoria representacional dos quatro níveis de compreensão do conhecimento químico (JOHNSTONE, 1993; MAHAFFY, 2006), a teoria das heurísticas de usabilidade (NIELSEN, 1993), bem como a base de adaptação das heurísticas para avaliação de aplicativos móveis (KNOLL, 2014).

A ideia inicial era ligada a confecção de um modelo que abarcasse avaliações sobre a representação do conhecimento químico em aplicativos móveis e foi sendo delineada conforme as várias teorias sobre esse assunto eram analisadas. Assim, a partir da teoria dos quatro níveis de compreensão do conhecimento químico (JOHNSTONE, 1993; MAHAFFY, 2006), exemplificada no Quadro 1, começaram-se as discussões em torno de sua utilização como base para os processos avaliativos dos aplicativos a serem selecionados.

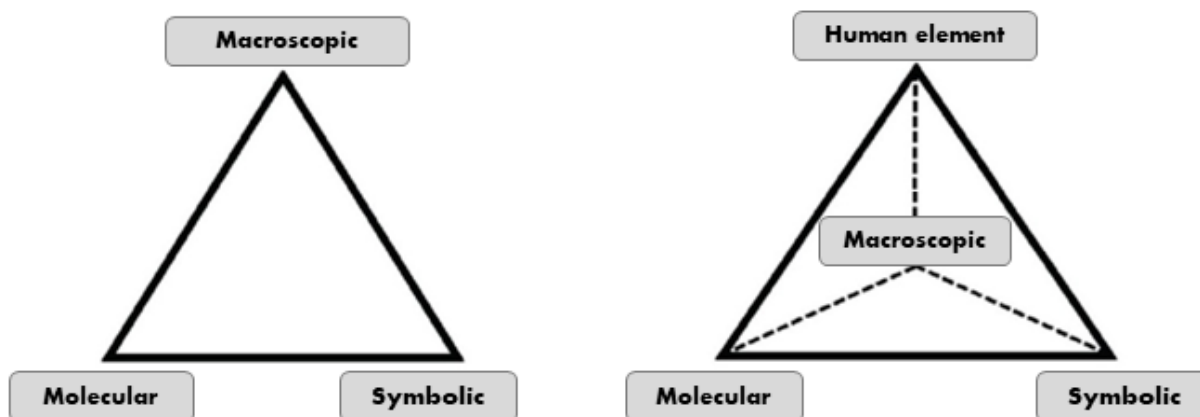
Quadro 1 – Níveis de compreensão do conhecimento químico

Nível (Universo)	Descrição	Exemplo
Macroscópico	Também conhecido como o nível fenomenológico, compreende a análise de fenômenos naturais, quimicamente falando, em proporções macroscópicas, observáveis.	
Molecular	É a parte da construção do conhecimento que busca a compreensão do universo das entidades químicas submicroscópicas (átomos, íons e moléculas) e de como os processos que as envolvem se dão, por isso também pode ser chamada de universo submicroscópico.	
Simbólico	Consiste na busca de representações (universo representacional) de fenômenos em uma linguagem comum e científica.	NaCl
Elemento humano	Mahaffy (2006) buscou introduzir o aspecto que ele nomeia, literalmente traduzido, como elemento humano, que nada mais é do que a participação do homem, enquanto sociedade, na construção, análise e utilização dos conceitos relativos ao conhecimento químico.	

Fonte: Adaptado de Johnstone (1993), Mahaffy (2006) e Wikicommons (2020).

Ainda, é comum encontrarmos, atreladas a esses denominados ‘Níveis de Compreensão do Conhecimento Químico’, representações gráficas das teorias, a fim de facilitar o seu entendimento. A Figura 1 sintetiza os conceitos desses modelos por meio da demonstração do ‘Triângulo de Johnstone’ e do ‘Tetraedro de Mahaffy’.

Figura 1 – Triângulo de Johnstone (esquerda) e Tetraedro de Mahaffy (direita), de acordo com o entendimento dos níveis de compreensão dos conhecimentos químicos



Fonte: Adaptado e traduzido de Mahaffy (2006).

Um dos motivos pelos quais houve a escolha dessa teoria para a construção do modelo proposto por este estudo foi o seu caráter abrangente, isto é, a capacidade de interpretação dos conceitos da Química de maneira holística, levando em consideração não apenas aspectos específicos, mas sim a compreensão do conceito como algo integrante de uma realidade geral relacionada com o conhecimento químico.

Também, a interpretação promovida por essa teoria pode ser subentendida como atemporal, visto que ela busca compreender, quando face à fenômenos ou situações cotidianas não explicadas, como a sociedade científica de uma época constituiu um determinado conceito e em que sentido, posteriormente, os cientistas trabalharam para entender e evoluir a compreensão desse fenômeno.

Para poder auxiliar na utilização da teoria dos quatro níveis, constituiu-se um modelo que visa esclarecer cada um dos níveis, bem como preconizar sua aplicação em análises relacionadas aos aplicativos móveis para o ensino da Química. Nomeou-se esse modelo como Modelo das Heurísticas Químicas para Aplicativos Móveis, sendo HEUQ sua abreviação. Conforme o próprio nome deixa explícito, aliada a teoria dos quatro níveis de compreensão do conhecimento químico, utilizou-se também a teoria das heurísticas de usabilidade de Nielsen (1993).

Por definição, o termo 'heurística' pode ser entendido como o conjunto de princípios gerais que objetivam descrever propriedades comuns (NIELSEN, 1993). Assim, ao integrar as teorias dos quatro níveis de compreensão e das heurísticas de usabilidade, o modelo proposto busca trazer os princípios gerais que objetivam descrever propriedades comuns relacionadas à compreensão do conhecimento químico.

Desse modo, as HEUQ têm como objetivo ajudar a entender como esses aplicativos se situam no espectro dos níveis de compreensão do conhecimento químico, promovendo análises voltadas para dentro do escopo do ensino de Química. Para isso, tornou-se necessário definir, sumariamente, quais questões podiam ser atreladas às heurísticas, como extrair os resultados a partir das análises dos aplicativos e como é possível transcrevê-los para a esfera da interpretação. Assim, cada uma das heurísticas propostas no modelo em questão possui um interesse investigativo relacionando os quatro níveis com princípios holísticos de análise.

No modelo construído é possível encontrar doze heurísticas diferentes, sendo três para cada um dos níveis de compreensão do conhecimento químico (ou seja, três que buscam interpretar o nível macroscópico dentro dos aplicativos, três para o nível submicroscópico, três para o simbólico e três para o elemento humano). Essa divisão equivalente versou dar caráter de igualdade na importância que cada um dos quatro níveis de compreensão tem em relação ao aprendizado de Química e, também, favorecer a tabulação dos dados no processo de análise dos aplicativos.

No Quadro 2 sintetiza-se o que cada heurística do modelo pretende investigar dentro de um aplicativo, bem como é possível observar a divisão das doze heurísticas em grupos de três (heurísticas de 1 a 3 para análise do nível macroscópico, 4 a 6 para o submicroscópico, 7 a 9 para o simbólico e 10 a 12 para o elemento humano).

Quadro 2 – Parâmetros de investigação de cada uma das heurísticas do modelo proposto

Nº	Questão - Heurísticas	O que busca investigar?
1	Existe algum fenômeno químico macroscópico perceptível?	A existência, mesmo que de maneira apenas visual, de algum tipo de multimídia (foto, vídeo, animação) que represente um fenômeno macroscópico (mudança de cor, formação de chama ou gás, explosão etc.).
2	A representação dos fenômenos químicos busca seguir ou se aproximar do observado na realidade?	Verificação se, caso haja a ocorrência de fenômeno macroscópico, essa reação se aproxima de como ocorreria na vida real, sem 'fantasiar' o fenômeno (por exemplo, se há formação de vapor e esse vapor é liberado de acordo com o aquecimento real da substância e não de outra cor ou constituição).
3	Há relação entre o fenômeno químico e sua explicação molecular?	A perspectiva de 'aproximação' possibilitada pela Tecnologia Digital, ou seja, se quando ocorre determinado fenômeno observável a olho nu, há o cuidado de 'aproximar' o observador das moléculas e explicar o que está ocorrendo com a matéria.
4	Há relação entre a abordagem molecular e fenômenos macromoleculares de Química?	Esta questão busca investigar na perspectiva baixo-cima, isto é, se o que está ocorrendo na representação submicroscópica tem relação com conteúdos multimidiáticos que indicam alteração na estrutura macromolecular (mostra, por exemplo, a condução de corrente acender uma lâmpada após a 'quebra' das ligações iônicas de um sal).
5	Existe a informação de que a abordagem submicroscópica é apenas uma representação em Química?	Se há a atenção, por parte do aplicativo analisado, em deixar explícito que aquele conteúdo se trata apenas de uma representação, um modelo, construído a partir da teoria científica melhor aceita quando foi desenvolvido (o fato de apresentar um conteúdo como 'modelo de X' e não como apenas 'X' já traz essa preocupação por parte dos desenvolvedores).
6	Os átomos são representados conforme modelo mais recente?	Entender se o aplicativo procurou integrar as teorias mais recentes sobre atomística para justificar os modelos representados.
7	Constam representações escritas de Química?	A inserção da simbologia como algo importante, sem ser colocada em detrimento a fenômenos macro e/ou submicroscópicos (se as reações apresentam equações naturalmente, sem alterações que demonstrem maior importância ante ao fenômeno ocorrendo).
8	Os elementos estão escritos de maneira adequada, conforme as normas IUPAC?	A integração das regras universais de nomenclatura e padronização de escrita e símbolos utilizados na representação dos fenômenos
9	As fórmulas químicas estão separadas do texto e possuem fácil visualização?	Se é explícito ao usuário que a fórmula representada é, de fato, uma fórmula química (equação, símbolo etc.) e possui fácil visualização, destacada dos demais textos.
10	O aplicativo mostra a relação histórica da construção dos conceitos químicos?	Se há a perspectiva de que o conceito representado não surgiu 'do nada', ou seja, que houve uma problemática por trás do desenvolvimento e estudo daquele conceito (um exemplo bastante explorado se trata do histórico da atomística).
11	São abordados os usos de determinados conceitos químicos nas atividades cotidianas da sociedade?	Se os compostos/substâncias presentes são explorados em uma visão atrelada ao cotidiano da sociedade e, além disso, se o aplicativo consegue extrair outras informações relevantes, como exemplo a substância ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄), que pode permear processos importantes nas áreas industriais, laboratoriais, militares, econômicas, dentre outras várias possibilidades.
12	Existe a interpretação do macroscópico pelo submicroscópico construída pela sociedade ao longo da história?	A integração de que, ao longo da história da sociedade, foi o humano, agindo a partir dos preceitos científicos da sua época, que constituiu o conceito explorado pelo aplicativo.

Fonte: os autores (2020).

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada no Brasil, sendo resultado de um estudo desenvolvido como obtenção do grau de mestrado em Educação em Ciências e em Matemática de um dos autores e consistiu em um estudo qualitativo envolvendo três grandes etapas, das quais:

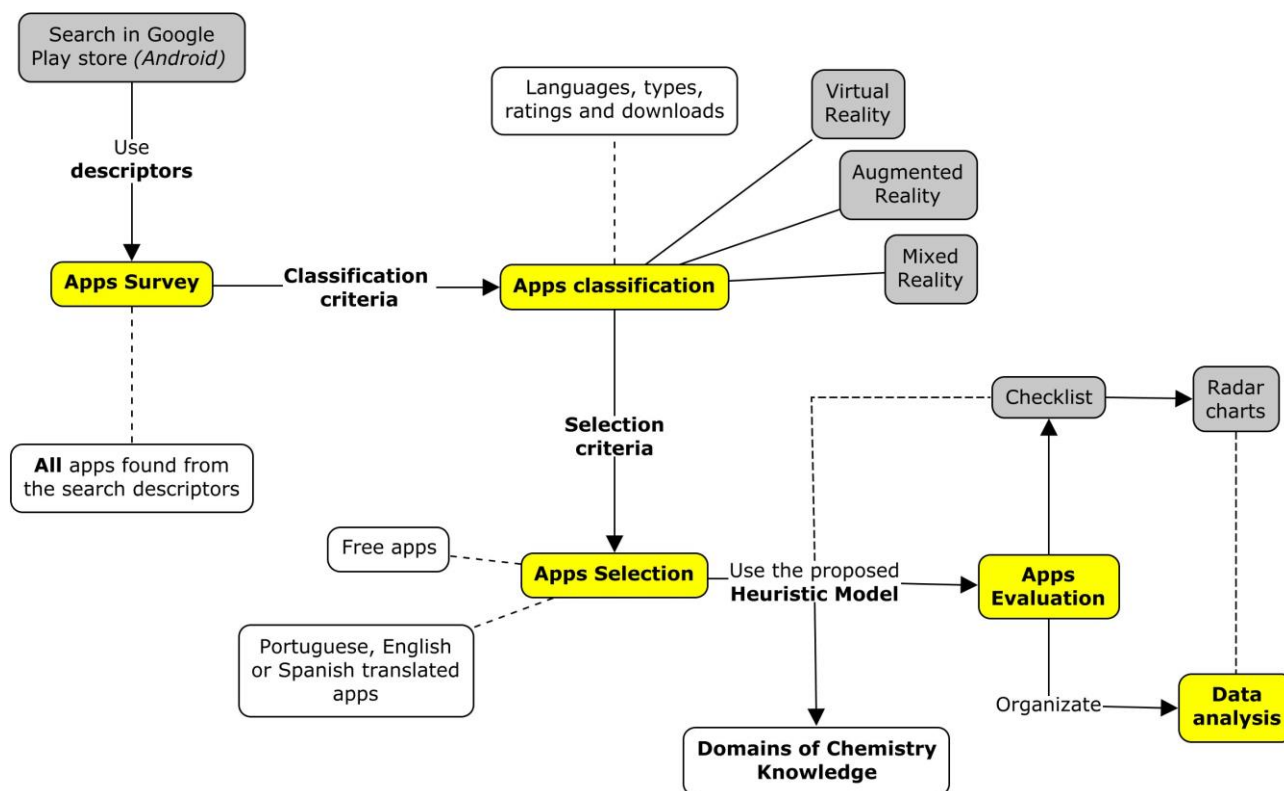
- **1ª etapa – construção de um modelo para avaliação:** houve a construção de um modelo heurístico, baseado na teoria dos quatro níveis de compreensão do conhecimento químico (JOHNSTONE, 1993; MAHAFFY, 2006) e na teoria das heurísticas de usabilidade (NIELSEN, 1993), para a avaliação dos aplicativos de RD, utilizando parâmetros de compreensão para a maneira com a qual conhecimento químico está representada nesses aplicativos;
- **2ª etapa – Levantamento e avaliação dos aplicativos levantados:** nessa etapa da pesquisa foram levantados aplicativos que se enquadravam no âmbito da pesquisa, a partir do uso de termos descritores e da loja de aplicativos do sistema operacional *Android*. Esses aplicativos foram selecionados e, então, avaliados pelo modelo proposto;
- **3ª etapa – Análise dos aplicativos de RD selecionados:** a partir dos dados constituídos da avaliação dos aplicativos selecionados, e das respostas das heurísticas, foram analisados como estão dispostas as representações do conhecimento químico para cada um dos aplicativos e, logo após, uma visão geral sobre eles, a partir das médias das avaliações.

Cada uma dessas etapas contribuiu para o andamento da pesquisa, que perpassou desde o levantamento bibliográfico sobre como estava a situação do estado da arte, até a constituição de um modelo de avaliação e a análise de como está inserida a representação dos conceitos químicos dentro de aplicativos móveis de RD.

Passos metodológicos

A fim de percorrer as etapas 2 e 3 desse estudo e observando seu percurso metodológico, essas etapas apresentaram cinco momentos de investigação primários: levantamento, classificação, seleção, avaliação e análise. Esse conjunto de momentos de investigação leva em consideração as fases que a pesquisa tange para a obtenção e análise dos dados a serem estudados e pode ser observado, de maneira geral, na Figura 2.

Figura 2 – Desenho metodológico da pesquisa



Fonte: Os autores (2020).

As fases de levantamento, classificação e seleção dos aplicativos foram pautadas em determinadas características específicas de categorização. Primeiramente, há de se informar que os aplicativos levantados foram pesquisados exclusivamente no sistema operacional Android, em *smartphones*.

Utilizou-se para o levantamento os descritores referentes às RD (RA, RV e RM), o operador 'E' e o termo 'QUÍMICA', em três idiomas distintos – português, espanhol e inglês. A partir dessa busca inicial, todos os resultados foram tabulados e os aplicativos foram classificados de acordo com o tipo de RD, idioma de tradução, avaliação de usuários e número de downloads.

Destes, foram selecionados para a avaliação pelo modelo HEUQ aqueles que cumpriam os requisitos de gratuidade e de estarem traduzidos para um dos idiomas utilizados na pesquisa inicial. Logo após a seleção dos aplicativos, executou-se a avaliação utilizando o modelo heurístico proposto.

Para avaliar numericamente as Heurísticas Químicas, pode-se extrair de Knoll (2014) uma proposta de análise constituída a partir das porcentagens de respostas positivas nas determinadas heurísticas avaliadas, conforme se pode observar no Quadro 3.

Quadro 3 – Avaliação dos aplicativos a partir da porcentagem de respostas

Desempenho	Classificação
Se a soma for menor ou igual a 25% do total ($\leq 25\%$)	Péssima
Se a soma for maior que 25% e menor ou igual a 50% do total ($> 25\%$ e $\leq 50\%$)	Ruim
Se a soma for maior que 50% e menor ou igual a 75% do total ($> 50\%$ e $\leq 75\%$)	Boa
E se a soma for maior que 75% do total ($> 75\%$)	Muito boa

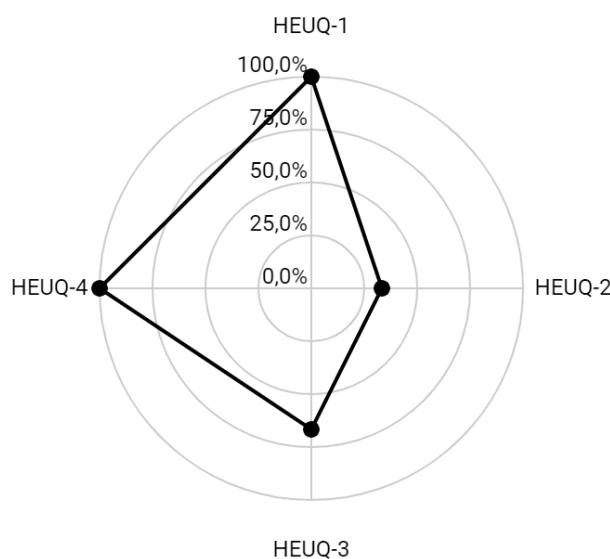
Fonte: Knoll (2014).

Assim, adaptando-se o modelo proposto por Knoll (2014), deve-se tomar a razão entre o número de respostas positivas e o número total de respostas possíveis. Por exemplo, ao avaliar um aplicativo que tenha apresentado 9 respostas ‘sim’ para 12 respostas possíveis (‘sim’ + ‘não’), encontra-se a razão no valor de 0,75, ou seja, uma pontuação de 75%, a partir da qual, conforme o Quadro 3, pode-se inferir que a oportunidade de promoção de aprendizagens através dos pilares dos níveis de compreensão do conhecimento químico é de classificação ‘Muito Boa’.

Para visualizar os resultados obtidos a partir dessa análise pode-se utilizar a ferramenta do gráfico do tipo ‘radar’. De acordo com Reske Filho e De Rocchi (2008), o gráfico radar pode ser compreendido como um polígono, no qual as diagonais se constituem de coordenadas que representam índices, tornando essa ferramenta gráfica relevante para criar uma imagem do desempenho de determinado objeto analisado. Ao observar gráficos desse estilo, tende-se a facilitar a visualização de possíveis picos de interesse quanto a abundâncias ou lacunas no aplicativo analisado. Para construir esse gráfico, pode-se utilizar como um artifício de análise a porcentagem de respostas de cada uma das quatro HEUQ, realizando um simples cálculo para determinar a porcentagem de respostas ‘sim’ dentro de cada um dos conjuntos de heurísticas.

Em um exemplo, como cada um dos conjuntos de heurísticas dos níveis de compreensão do conhecimento químico propostos apresentam três heurísticas, para determinar os pontos percentuais aventa-se que um aplicativo hipotético obtenha 3 respostas ‘sim’ para 3 possíveis (totalizando 100%) nas categorias HEUQ-1 (nível macroscópico) e HEUQ-4 (nível do elemento humano), 2 respostas ‘sim’ para 3 possíveis (totalizando 66,66%) na categoria HEUQ-3 (nível simbólico) e 1 resposta ‘sim’ para 3 possíveis (totalizando 33,33%) na categoria HEUQ-2 (nível submicroscópico). Assim, ao se dispor as porcentagens relacionadas em um gráfico radar, constitui-se um gráfico conforme presente na Figura 3.

Figura 3 – Gráfico radar de avaliação de conhecimentos químicos de um aplicativo hipotético



Fonte: Os autores (2020).

Deste modo, ao realizar-se uma leitura primária a partir do gráfico gerado, é possível inferir que o aplicativo avaliado possui lacunas relacionadas aos níveis submicroscópico e simbólico, sendo, portanto, mais interessante, sob o ponto de vista pedagógico, a utilização desse app no ensino de conceitos que permeiam os outros dois níveis do conhecimento químico, pois estão mais bem avaliados pelo modelo proposto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se concluiu a etapa de avaliações dos aplicativos através do modelo das Heurísticas de Compreensão do Conhecimento Químico, notadamente alguns aspectos gerais tornaram-se mais claros e evidentes, devido a própria experiência de usuário quando em contato com eles.

O primeiro fator a ser citado é fato de que esse tipo de Tecnologia Digital possui caráter fluido, isto é, muitos aplicativos acabaram sendo descontinuados ao longo dessa pesquisa, o que contribuiu para que apenas um número não tão expressivo deles fosse avaliado, em cada uma das realidades digitais.

Prosseguindo, os poucos aplicativos que eram traduzidos para o idioma português apresentaram ou funções pagas ou erros de execução, o que impediu de serem avaliados. Assim, uma primeira constatação é a de que nenhum aplicativo para ensino de Química por meio ou de RA ou de RV pode ser encontrado em língua portuguesa e gratuito para o sistema operacional Android.

O levantamento, após uma filtragem primária, foi constituído de 24 aplicativos que se relacionavam com o uso de RA no ensino de Química, 16 apps de RV e nenhum que utilizava a tecnologia de RM, de acordo com os parâmetros utilizados na pesquisa. Para a seleção dos aplicativos a serem testados utilizou-se os critérios de gratuidade e de estarem traduzidos para um dos três idiomas usados na pesquisa (português, inglês ou espanhol). Isto posto, para

realização da avaliação a partir do modelo proposto, utilizou-se 7 aplicativos de RA, 8 de RV e nenhum de RM.

Executou-se a avaliação pelo modelo HEUQ nos aplicativos de RA, obtendo-se os dados. Também, foi calculada a média destes aplicativos para cada nível do modelo proposto. Para tanto, utilizou-se a maneira usual, ou seja, primeiramente arrolamos os valores obtidos de acordo com a avaliação dos apps realizada pelo modelo HEUQ. Então, dispusemos esses valores em uma tabela, a fim de organizá-los por nível de compreensão (HEUQ-1, HEUQ-2 etc.). Por fim, calculamos a média a partir da razão entre a soma de todos os valores e o número de elementos. Assim, pode-se analisar na Tabela 1 as avaliações obtidas, bem como a média de todos pelos apps de RA em cada nível das HEUQ.

Tabela 1 – Médias das avaliações dos aplicativos de Realidade Aumentada por nível de heurísticas

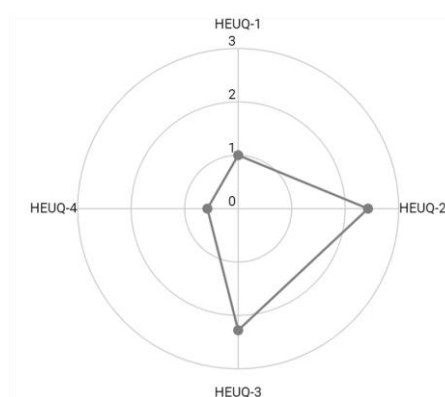
APLICATIVO	HEUQ-1	HEUQ-2	HEUQ-3	HEUQ-4
QuimicAR	3	3	2	2
RApp Chemistry	0	2	2	0
Sparklab	3	2	3	2
ModelAR	1	3	3	0
Isomers AR	0	2	3	0
TRPEV-RA	0	2	3	0
Géometrie des Molecules	0	3	0	0
MÉDIA	1,00	2,43	2,29	0,57

Fonte: Os autores (2020).

NOTA: A avaliação máxima que pode ser atingida, no caso desta tabela, é 3 (100%).

Com os dados das médias das avaliações dos apps de RA, é possível traçar um perfil médio hipotético, a fim de demonstrar como seria a avaliação HEUQ média de um aplicativo que utilizasse essa tecnologia. Para isso, recorreremos a um gráfico do tipo radar, conforme pode se observar na Figura 4.

Figura 4 – Gráfico das médias das avaliações dos aplicativos de realidade aumentada pelo modelo das heurísticas de compreensão do conhecimento químico (HEUQ)



Fonte: Os autores (2020).

Portanto, sintetizando os resultados constituídos, em avaliações gráficas, de experiência do usuário e inferenciais, os aplicativos que utilizam a tecnologia de Realidade Aumentada para o ensino de Química apresentam a proposta de trazer conceitos e conteúdos ligados quase exclusivamente aos níveis submicroscópicos e simbólicos de compreensão dos conhecimentos químicos.

Já para os aplicativos de RV, os resultados de avaliação obtidos, bem como a média de todos pelos apps de RV em cada categoria das HEUQ, podem ser conferidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias das avaliações dos aplicativos de Realidade Virtual por nível de heurísticas.

APLICATIVO	HEUQ-1	HEUQ-2	HEUQ-3	HEUQ-4
MEL Chemistry	3	1	3	2
AR VR Molecules	0	0	3	1
Learning Carbons	0	2	3	2
Molecule/PROtein	0	3	2	3
Chemistry VR	1	0	3	0
InMind VR 2	2	1	3	2
V-Lab	3	1	3	1
MÉDIA	1,29	1,14	2,86	1,57

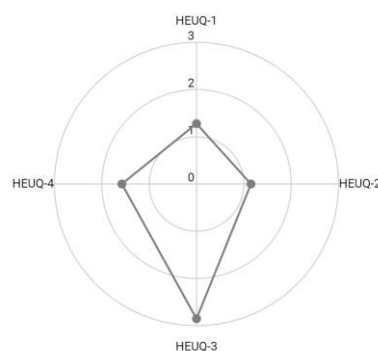
Fonte: Os autores (2020).

NOTA: A avaliação máxima que pode ser atingida, no caso desta tabela, é 3 (100%).

O cálculo da média da avaliação dos aplicativos de RV dentro dos níveis de compreensão foi realizado de maneira semelhante ao dos apps de RA. Sendo assim, calculou-se a média a partir da razão entre a soma dos valores e a quantidade de apps avaliados.

Desse modo, conforme realizado também nas avaliações dos apps de RA, foi possível delinear, a partir dos números médios das avaliações do modelo de HEUQ para os aplicativos de Realidade Virtual, um perfil médio hipotético de como se dão as propostas, de maneira geral, para construção do conhecimento químico dentro destes apps. Traduzindo os números para um gráfico do tipo radar, é possível observar esse perfil na Figura 5.

Figura 5 – Gráfico das médias das avaliações dos aplicativos de realidade virtual pelo modelo das heurísticas de compreensão do conhecimento químico (HEUQ)



Fonte: Os autores (2020).

Dessa maneira, resumindo os resultados obtidos, através das observações de testes, avaliações por meio dos modelos propostos e inferências de pesquisa, os aplicativos que são constituídos da tecnologia de Realidade Virtual para o ensino de Química possuem um perfil aproximado do simbólico, do elemento humano e do macroscópico sendo que, aparentemente, buscam integrar esses níveis de compreensão dos conhecimentos aos conteúdos e conceitos abordados durante a sua utilização.

CONSIDERAÇÕES

Este estudo foi investigar como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam as RD. Assim, após as minuciosidades, o problema de pesquisa foi redigido e formulado no questionamento referente a como se dá a proposta de construção do conhecimento químico a partir de aplicativos móveis que utilizam a RV, a RA e a RM?

Encontrou-se uma resposta geral e três específicas para essa questão. Assim, de maneira geral, a proposta de construção do conhecimento químico a partir dos aplicativos móveis de Realidades Digitais se dá de maneira ‘ferramental’, isto é, os aplicativos são desenvolvidos e propostos para serem meramente uma ferramenta complementar ao trabalho do professor. Assim, o intuito desses aplicativos está ligado à tentar ‘prever’, dentro dos conceitos que abordará, em qual nível de compreensão do conhecimento químico haverá uma lacuna e, então, prover conteúdos nessa suposta área deficitária.

No que se refere aos aplicativos de Realidade Aumentada, a segunda resposta para a questão-problema é a de que a proposta de construção do conhecimento químico através desses apps apresenta um viés mais submicroscópico e simbólico em comparação aos outros níveis de compreensão. A partir dos dados de avaliação pelo modelo heurístico, testes e inferências, observou-se que a distribuição de conceitos dentro de apps em RA no ensino de Química está voltada para a visualização do abstrato, em um movimento de completar fenômenos macroscópicos – reproduzíveis pelo professor em um experimento e facilmente observáveis em laboratório – e de possibilitar a discussão do caráter humano da ciência, como construção da sociedade.

Porém, ao se analisar o conjunto de dados constituídos a partir dos aplicativos de Realidade Virtual, a proposta de construção de conhecimentos químicos se relaciona aos níveis simbólico, de elemento humano e macroscópico, num sentido quase contrário ao da RA. Assim, ao se interpretar os resultados da pesquisa para essa RD, é possível sintetizar o uso dos apps de RV como sendo um ambiente virtual no qual ocorrerá a interação entre o estudante e o conceito a ser abordado e, como se trata de um ambiente, naturalmente há a preocupação de situar o usuário em um determinado local, mesmo que virtual.

A última resposta ao questionamento da pesquisa, relacionada aos aplicativos de Realidade Mista, é a de que, como ainda se trata de um ramo das RD em desenvolvimento, durante a confecção desta dissertação não havia aplicativos compatíveis com essa tecnologia que fossem voltados para situações de ensino de Química. Portanto, não foi possível obter uma resposta de como está proposta a construção do conhecimento químico nesses apps, mas, observando o delineamento que essa tecnologia está seguindo, assumimos a hipótese de que, como se trata de uma integração entre a RA e a RV, a RM seria o elo entre as ‘deficiências’

nessas outras duas RD, apresentando proposições e conceitos envolvendo os quatro níveis de compreensão.

Por fim, deixa-se a sugestão de se realizarem mais estudos e pesquisas sobre os níveis representacionais para a compreensão do conhecimento químico, propostos por Johnstone (1993) e Mahaffy (2006), pois entendemos que se os professores entrarem em contato precocemente com esse modelo de interpretação, pode haver incremento tanto em sua formação como na forma com que eles farão os alunos construírem o conhecimento de Química ao longo da educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAI, S.; WANG, X.; CHIANG, F.-K. A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. **Computers in Human Behavior**, 37, p. 31–40, 2014.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; SOUZA, F. N.; LEÃO, M. B. C. M-learning e suas Múltiplas Facetas no contexto educacional: Uma Revisão da Literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 4, p. 188-207, 2015.

ITU, International Telecommunications Union. **ITU releases 2018 global and regional ICT estimates**, 2018. Disponível em: <<https://www.itu.int/en/mediacentre/Pages/2018-PR40.aspx>>. Acesso em: 23 out. 2019.

JOHNSTONE. A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v.70, n. 9, p. 701-705, 1993.

KNOLL, R. C. Desenvolvimento de heurísticas de usabilidade para tablets. **Caderno de Estudos Tecnológicos**, v. 2, n. 1, p. 93–109, 2014.

KUKULSKA-HULME, A.; TRAXLER, John. **Mobile Learning: A handbook for educators and trainers**. 1ª ed., New York: Routledge, 2005.

MAHAFFY, P. G. Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 1, p. 49-55, 2006.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. 1ª ed., Massachusetts: Academic Press, 1993.

PENCE, H. E.; WILLIAMS, A. J.; BELFORD, R. E. New Tools and Challenges for Chemical Education: Mobile Learning, Augmented Reality, and Distributed Cognition in the Dawn of the Social and Semantic Web. IN: GARCIA-MARTINEZ, J.; SERRANO-TORREGROSA, E. **Chemistry Education: Best Practices, Innovative Strategies and New Technologies**, Wiley-VCH: Weinheim, 2015.

RESKE FILHO, A.; DE ROCCHI, C. A. Aplicação do Gráfico Radar na avaliação do desempenho das empresas de construção civil. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, Curitiba, 2008.

TRAXLER, J. Current State of Mobile Learning. In: ALLY, Mohamed. **Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training**. 1ª Ed., Edmonton: AU Press, 2009.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Diretrizes de políticas da UNESCO para a aprendizagem móvel**. 1ª Ed., Paris: UNESCO Publications, 2014.

WANG, Q. Core Technologies Mobile Learning, In: YU, S.; ALLY, M.; TSINAKOS, A. **Mobile and Ubiquitous Learning: an International Handbook**, 1ª Ed., Singapura: Springer, 2018.

WIKICOMMONS. **NaCl** [site]. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/NaCl>>. Acesso em: 07 maio 2020.