



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DAVID PEREIRA FARAUM JUNIOR

**ÁTOMOS, (MACRO)MOLÉCULAS, PHMETRO,
ESPECTRÔMETRO DE MASSA... SÓ ACREDITO VENDO! OS
PROCESSOS DE MEDIAÇÃO PRESENTES NA PRODUÇÃO
CULTURAL ENVOLVENDO A REALIDADE AUMENTADA E A
ÁREA DA EDUCAÇÃO QUÍMICA**

DAVID PEREIRA FARAUM JUNIOR

**ÁTOMOS, (MACRO)MOLÉCULAS, PHMETRO,
ESPECTRÔMETRO DE MASSA... SÓ ACREDITO VENDO! OS
PROCESSOS DE MEDIAÇÃO PRESENTES NA PRODUÇÃO
CULTURAL ENVOLVENDO A REALIDADE AUMENTADA E A
ÁREA DA EDUCAÇÃO QUÍMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Moisés Alves de Oliveira

Londrina
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Faraum Junior, David Pereira.

Átomos, (macro)moléculas, pHmetro, espectrômetro de massa... só acredito vendo! Os processos de mediação presentes na produção cultural envolvendo a Realidade Aumentada e a área da educação química / David Pereira Faraum Junior. - Londrina, 2023.
187 f. : il.

Orientador: Moisés Alves Oliveira.

Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Educação Química - Tese. 2. Realidade Aumentada - Tese. 3. Análise Visual de Redes - Tese. 4. Acoplamento Bibliográfico - Tese. I. Oliveira, Moisés Alves . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

DAVID PEREIRA FARAUM JUNIOR

**ÁTOMOS, (MACRO)MOLECULAS, PHMETRO,
ESPECTRÔMETRO DE MASSA... SÓ ACREDITO VENDO! OS
PROCESSOS DE MEDIAÇÃO PRESENTES NA PRODUÇÃO
CULTURAL ENVOLVENDO A REALIDADE AUMENTADA E A
ÁREA DA EDUCAÇÃO QUÍMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências e Educação Matemática

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Moises Alves de Oliveira
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Fabiana Gomes
Instituto Federal de Goiás – IFG, câmpus
Uruaçu

Prof. Dr. Gustavo Pricinotto
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR, câmpus Campo Mourão

Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Silvia Zamberlan Costa Beber
Universidade Estadual do Oeste do
Paraná – UNIOESTE, câmpus Toledo.

Londrina, 19 de setembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos não humanos e humanos que de alguma forma ajudaram na minha caminhada do doutorado.

Como poderia escrever esta tese sem os não humanos: meu notebook, a energia elétrica, minha cadeira confortável, minha escrivaninha abarrotada de livros, as canetas marca texto que utilizei tantas vezes para grifar frases/parágrafos que considerava importante, a parede do quarto onde fixei várias folhas sulfites e *post-its* com mapas mentais de conceitos que não podia esquecer, ou livros/artigos que não poderia deixar de ler, os vídeos do Youtube sobre temas da minha pesquisa, os vídeos do canal de meditação da Camila Zen, que me ajudaram em momentos difíceis, o celular e o fone que usava no final das tardes nas corridas para desestressar, movimentar o corpo, a Malu, a Indra e a Charllotte, companheiras caninas fiéis, que sempre estiveram ao lado da minha cadeira, ou debaixo da escrivaninha esperando um carinho ou uma brincadeira, o apoio financeiro da CAPES...? Existem muitos outros não humanos que poderia citar, mas antes de ficar por aqui, não poderia deixar de agradecer a Universidade Estadual de Londrina, onde toda a minha formação em nível superior foi realizada, graduação, pós-graduação *latu-sensu* e *strito-sensu*. Um lugar que pude adentrar e que mudou a minha vida. Por isso, não posso deixar de dedicar um espaço nos meus agradecimentos e pontuar a importância das instituições públicas de ensino superior, que mesmo sendo sucateadas e desmoralizadas, são nós que constituem as redes de produções de conhecimentos.

Os humanos também foram importantes. Agradeço:

Ao Prof. Dr. **Moises Alves de Oliveira**, por provocar inquietações que movimentaram a escrita desta tese.

Aos **colegas do GECCE**, pela companhia nas manhãs de quarta-feira, por me ajudarem na caminhada no campo dos Estudos Culturais das Ciências e das Educação e de entregar, mesmo com atraso, os relatos dos nossos encontros para publicação na seção escrutínios da revista quase-ciências.

Aos **professores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina**, que contribuíram com a minha formação acadêmica.

Aos professores **Cristiane Beatriz Dal Bosco Rezzadori, Fabiana Gomes, Gustavo Pricinotto** e **Marcelo Maia Cirino**, pelas sugestões valiosas realizadas na banca de qualificação.

Aos professores **Fabiana Gomes, Gustavo Pricinotto** e **Marcelo Maia Cirino, Silvia Zamberlan Costa Beber** por aceitarem compor a banca de defesa como membros titulares, e **Zuleika Aparecida Claro Piassa** como suplente.

Aos meus familiares, principalmente a minha mãe **Lucélia Costa da Silva**, ao meu pai **David Pereira Faraum**, ao meu marido **Rafael da Silva Faraum** pelo apoio afetivo e emocional, e ao mais novo integrante da família meu sobrinho **Joaquin dos Santos Faraum**.

Por fim, gostaria de agradecer, em memória, a **Renata Pereira dos Santos Rodrigues**, que mesmo com pouco tempo de convivência deixou boas lembranças e o pequeno Joaquin, e a minha tia **Sônia Aparecida Costa**, que na minha infância sempre me acordava com o barulho do portão ao entrar em casa, ou com seus mûrmuros sozinhos na área de serviço ou na cozinha. Ela sempre levava sustos, quando de surpresa, a perguntava com quem estava conversando.

FARAUM JUNIOR, David Pereira. **Átomos, (macro)moléculas, pHmetro, espectrômetro de massa... só acredito vendo! Os processos de mediação presentes na produção cultural envolvendo a Realidade Aumentada e a área da educação química.** 2023. 186f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

Você precisa utilizar as tecnologias digitais em sala de aula! Provavelmente a maioria das pessoas que trabalham na área da educação já ouviu essa frase. Na sociedade atual, essas tecnologias prazerosas e divertidas assumem um papel regulador das práticas cotidianas, e dentre elas, a Realidade Aumentada torna-se o foco desta pesquisa, especificamente as suas relações com a educação química. A partir da escolha metodológica da análise visual de redes proposta por Venturini, Jacomy e Jensen (2021) e Venturini, Jacomy e Pereira (2015a, 2015b) e da descrição no plano latouriano da mediação, busco identificar os atores presentes na produção cultural envolvendo a Realidade Aumentada e a educação química na plataforma *Web of Science*, e descrever as associações produzidas pelos atores, responsáveis por mobilizar professores de química para uso da Realidade Aumentada. Estas associações produziram redes digitais de coocorrência de palavras-chaves e de Acoplamento Bibliográfico que foram representadas com o auxílio do programa *VOSviewer*, e com base nas análises relacionais de coocorrência de palavras-chaves pude identificar enunciados da aprendizagem móvel e colaborativa; do amplo acesso aos *smartphones* pelos estudantes; e da cultura *maker* do acesso e produção, por meio do compartilhamento dos recursos abertos. Além disso, na rede digital de Acoplamento Bibliográfico, dos 18 nós-autoridades envolvendo a RA e a educação química, são estabelecidas associações com a química das estruturas atômicas e (macro)moleculares, das reações químicas, e dos espaços/equipamentos de laboratório; com a química envolvente das projeções em 3D que facilitam o aprendizado, e com o vírus da Covid-19.

Palavras-chave: VOSviewer; análise visual de redes; acoplamento bibliográfico; Covid-19; Bruno Latour.

FARAUM JUNIOR, David Pereira. **Atoms, (macro)molecules, pH meter, mass spectrometer... I only believe by seeing! The mediation processes present in cultural production involving Augmented Reality and the area of chemical education.** 2023. 186f. Thesis (Doctoral degree in Science Teaching and Mathematics Education) - State University of Londrina, 2023.

ABSTRACT

You need to use digital technologies in the classroom! Probably most people who work in the field of education have heard this phrase. In today's society, these pleasurable and fun technologies assume a regulating role in everyday practices, and among them, Augmented Reality becomes the focus of this research, specifically its relations with chemistry education. From the methodological choice of the visual analysis of networks proposed by Venturini, Jacomy and Jensen (2021) and Venturini, Jacomy and Pereira (2015a, 2015b) and the description in the Latourian plane of mediation, I seek to identify the actors present in the cultural production involving the Augmented Reality and chemistry education on the Web of Science platform, and describe the associations produced by the actors, and describe the associations produced by the actors responsible for mobilizing chemistry teachers to use Augmented Reality. These associations produced digital networks of co-occurrence of keywords and Bibliographic Coupling that were represented with the help of the VOSviewer program, and based on the relational analyzes of co-occurrence of keywords I was able to identify enunciations of mobile learning and collaborative; wide access to smartphones by students; and the maker culture of access and production, through the sharing of open resources. In addition, in Bibliographic Coupling digital network, of the 18 authority nodes involving AR and chemistry education, associations are established with the chemistry of atomic and (macro)molecular structures, chemical reactions, and laboratory spaces/equipment; with the engaging chemistry of 3D projections that facilitate learning, and with the Covid-19 virus.

Keywords: VOSviewer; visual network analysis; bibliographic coupling; Covid-19; Bruno Latour.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Postagem sobre o <i>Rapp Chemistry</i> na página do <i>Facebook</i>	15
Figura 2 – Representação da <i>reality-virtuality continuum</i>	51
Figura 3 – O virtual como potência	53
Figura 4 – Comparativo entre RV (esquerda) e RA (direita).....	54
Figura 5 – Funcionamento da Realidade Aumentada utilizando um <i>smartphone</i>	55
Figura 6 – Representação do átomo de carbono em 3D.....	77
Figura 7 – A inscrição da endorfina.....	82
Figura 8 – Representações da Lua segundo Harriot (a) e Galileu (b)	84
Figura 9 – Representação em RA da Lua pelo aplicativo <i>Star Roam & Planet & Sky Map</i>	86
Figura 10 – Estudo cienciométrico do artigo de Schally realizado por Latour.....	97
Figura 11 – Rede de coocorrência de palavras chaves do <i>corpus</i> da minha pesquisa.....	101
Figura 12 – Exemplificação do conjunto de dados da análise de AB.....	114
Figura 13 – Rede do acoplamento bibliográfico dos artigos envolvendo a RA e a educação química.....	116
Figura 14 – Plano latouriano do esquema moderno (purificação)/não moderno (mediação).....	120
Figura 15 – Representação do átomo de Xenônio produzida pelo Elements 4D	131
Figura 16 – Representações das estruturas moleculares apresentadas nos artigos de Sanii (2020) (Figura 16-a), Eriksen (2020) (Figura 16-b). Maier (2013) (Figura 16-c) e Sung (2019) (Figura 16-d).....	132
Figura 17 – Referências que envolvem a RA e a educação química, utilizadas por Dietrich (2020)	137
Figura 18 – Capa da edição especial da Covid-19 da revista <i>Journal of Chemical Education</i>	138
Figura 19 – Itens do laboratório bioquímica	142

Figura 20 –Novo local encontrado no laboratório.....	143
Figura 21 – Etapas de criação e acionamento das sobreposições das imagens do GC-MC	145
Figura 22 –Etapas da titulação produzidas pelo aplicativo em diferentes faixas de pH.....	147

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Locais de publicação dos artigos.....	90
Gráfico 2 – Ano de publicação dos artigos	91
Gráfico 3 – Relação entre publicação e citações dos artigos	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de citações de cada artigo entre 2018 e 2022	92
Tabela 2 – Ocorrência das palavras-chaves.....	101
Tabela 3 – Artigos com citações	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – A produção científica envolvendo a RA e a educação química...	42
Quadro 2 – Os diferentes sentidos do virtual, do mais fraco para o mais forte	52
Quadro 3 – A temática química dos aplicativos de RA do estudo de Grando e Cleophas (2021)	69
Quadro 4 – A descrição coletiva da rede de coocorrência de palavras-chaves do corpus da pesquisa.	105
Quadro 5 – Nós-autoridades selecionados para descrição	122
Quadro 6 – Descrição coletiva dos agrupamentos da rede de AB	122
Quadro 7 – Aplicativos de RA presentes nos artigos nós-autoridades	125
Quadro 8 – As autorias e os seus vínculos institucionais	149
Quadro 9 – Nós-autoridades e suas agências de fomento	153

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Acoplamento bibliográfico
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AREDu	International Workshop on Augmented Reality in Education
ARS	Análise de Redes Sociais
BAAS	Assossiação Britânica para o Avanço da Ciência
BC	Biblioteca Central
CAFe	Comunidade Acadêmica Confederada
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAREER	Programa de Desenvolvimento de Carreira Inicial do Corpo Docente
CWTS	Centro de Estudos de Ciência e Tecnologia
CPEQUI	Congresso Paranaense de Educação em Química
DEQ	Divisão de ensino de Química
DIY	Do It Yourself
DOI	Digital Object Identifier
EC	Estudos Culturais
EPCODEQ	Encontro Centro-Oeste de Debates em Ensino de Química
EDEQ	Encontro de Debates sobre o ensino de Química
EDEQUI	Encontro de Educação Química da Bahia
EVEQ	Evento de Educação em Química
ENEQ	Encontro Nacional de Ensino de Química
FabLabs	Laboratórios de Fabricação Digital
FAR	Fachgebiet für Augmented Reality
GC-MS	Cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas
GECCE	Grupo de Estudos Culturais das Ciências e das Educação
HTTP	Protocolo de Transferência de Hipertexto
ICMSCE	International Conference on Mathematics and Science Education
IDeaS	Intentional Design Studio
IGSSE	Escola Internacional de Pós-Graduação de Ciências e Engenharia

IP	Protocolo de Internet
LARHUD	Laboratório em Rede em Humanidades Digitais
NSF	National Science Foundation
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organizações das Nações Unidas
QR-code	Código de resposta rápida
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
SARS-CoV-2	Síndrome Respiratória Aguda Grave 2
SBEnQ	Sociedade Brasileira de Ensino de Química
SBQ	Sociedade Brasileira de Química
SMEQ	Simpósio Mineiro de Educação Química
TIC	Tecnologias de informação e comunicação
TPC	Protocolo de Controle de Transmissão
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
WPI	Instituto Politécnico de Worcester
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1	MOTIVAÇÃO	14
2	ESTOU NO CAMINHO CERTO? ESSA É A PORTA DE ENTRADA?	23
2.1	QUAL A SUA METODOLOGIA?	23
2.2	"AUGMENTED REALITY" AND ("CHEMICAL EDUCATION" OR "CHEMISTRY TEACHING") ... MINHA PORTA DE ENTRADA NA BUSCA DA DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE ARREGIMENTAÇÃO DA RA.....	34
3	VOCÊ ACREDITA NA REALIDADE... AUMENTADA?	48
3.1	A “VERDADE” SOBRE A REALIDADE AUMENTADA.....	48
3.2	QR-CODE QUÍMICO: UMA RESPOSTA RÁPIDA PARA O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO QUÍMICA	60
4	A QUESTÃO DO INTERESSE.....	71
4.1	O DESINTERESSE DE LATOUR PELA CIÊNCIA ACABADA	71
4.2	BELA FIGURA, HEIN? UMA IMAGEM VALE MAIS QUE MIL PALAVRAS	76
5	A DESCRIÇÃO... MAIS DIGNA POSSÍVEL	87
5.1	OS MOVIMENTOS INICIAIS DA DESCRIÇÃO	87
5.1.1	O Espaço-tempo da Produção dos Artigos	89
5.1.2	As Redes Digitais me Ajudando na Descrição	93
5.1.3	Análise Visual de Redes	99
5.1.4	A Rede de Acoplamento Bibliográfico.....	113
5.2	DOS EFEITOS PARA AS ASSOCIAÇÕES.....	118
5.2.1	Os Atores que Não Estão Visíveis na Rede de AB.....	125
5.2.1.1	Os aplicativos de RA e química envolvente	127
5.2.1.2	Elementos químicos, átomos, (macro)moléculas... Ampliando a visão das entidades “invisíveis”.....	130
5.2.1.3	A pedagogia do vírus da Covid-19	134
5.2.1.4	A questão laboratorial e a virtualização dos laboratórios	141
6	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	155

7	INTERLOCUTORES... REFERÊNCIAS.....	158
	APÊNDICES	173

1 MOTIVAÇÃO

Eu, assim como outros(as) orientandos(as) do professor Moisés, sempre fui tocado pela pergunta: *O que te move?* Pois bem, nas próximas linhas, apresento a minha motivação para escrever esta tese.

A escola está obsoleta! Ela está ultrapassada!

Vocês precisam utilizar as tecnologias digitais em sala de aula!

Arrisco-me a dizer que todos os professores já ouviram ao menos uma dessas afirmações. Começo com elas, não para defendê-las, porque durante meu mestrado andei de mãos dadas com as práticas correntes de uso das tecnologias. Em minha pesquisa (Faraum Junior, 2017) analisei a produção de *WebQuest*¹⁻² elaboradas por pibidianos do curso de química a partir dos níveis cognitivos da Taxonomia Digital de Bloom e, ao final dela, hoje consigo perceber que me encontrava parcialmente vinculado a uma visão desinteressada/inocente de tecnologia como um conjunto de ferramentas que auxilia a vida das pessoas e especificamente o trabalho docente. Entretanto, na perspectiva de Sibilia (2015, p. 28), as tecnologias digitais assumem, na sociedade contemporânea - marcadas pelas mudanças rápidas e constantes – parte do papel regulador reivindicado historicamente para a escola. Valendo-se do prazer e da diversão “elas parecem ter agregado eficácia, permitindo exercer o controle total em lugares abertos e fechados, burlando todos os limites espaciais e temporais que poderiam obstaculizá-las”, uma vez que as estratégias de convencimento³ estão cada vez mais sutis.

Ainda influenciado pela visão inocente, ingressei no doutorado pensando em continuar os estudos sobre o uso das tecnologias no ensino de Química, foi então que a partir de uma postagem de um grupo do *Facebook* de professores(as) de Química (Figura 1) conheci a Realidade Aumentada

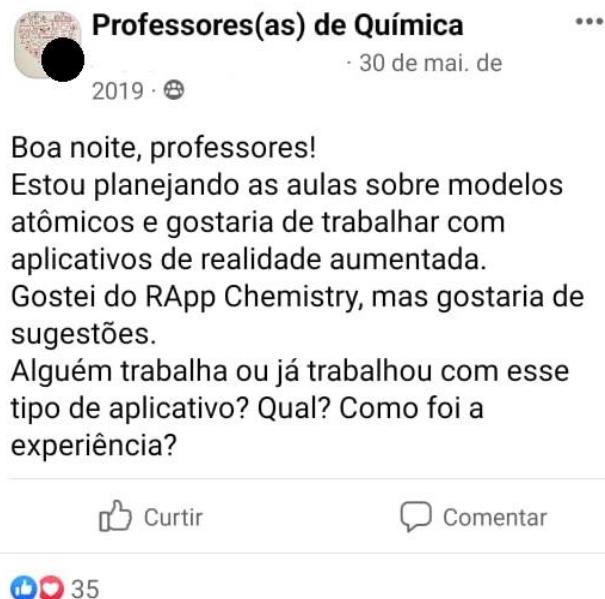
¹ Segundo Dodge (1995) a WebQuest é uma atividade orientada, em que algumas ou todas as informações que os estudantes irão interagir estão na internet.

² Utilizei a grafia em itálico para palavras em outro idioma e para termos que considero importantes.

³ São táticas para mobilizar o maior número de aliados possíveis. O texto científico, por exemplo, carrega diversos enunciados (referências, tabelas, figuras, picos/dados de leitura de equipamentos, cobaias) que se alinham em uma rede de interesses comuns, para ganhar certa estabilidade, uma vez que fica mais difícil contestar as ideias presentes nele.

(RA) que é uma tecnologia que “permite que as pessoas interajam com objetos reais e virtuais ao mesmo tempo” (Leite, 2020, p. 4).

Figura 1 – Postagem sobre o *Rapp Chemistry* na página do *Facebook*.



Professores(as) de Química · 30 de mai. de 2019

Boa noite, professores!
Estou planejando as aulas sobre modelos atômicos e gostaria de trabalhar com aplicativos de realidade aumentada.
Gostei do RApp Chemistry, mas gostaria de sugestões.
Alguém trabalha ou já trabalhou com esse tipo de aplicativo? Qual? Como foi a experiência?

Curta Comentar

35

Fonte: Grupo dos professores(as) de química do Facebook⁴.

Neste primeiro contato, realizei uma leitura rápida de uma postagem sobre o aplicativo *Rapp Chemistry*, que utiliza a RA para representar os elementos químicos da Tabela Periódica, mas ainda não pensava em estudar a RA no doutorado. Um tempo depois, quando estava responsável por uma disciplina de conceitos fundamentais de Química experimental, acessei a internet para pesquisar sobre o uso de tecnologias no ensino de Química laboratorial, foi então que encontrei o *QuimicAR*, um aplicativo que utiliza a RA em roteiros de aulas práticas. Diferentemente do primeiro contato, nesta ocasião comecei a pensar na possibilidade de estudar a RA no doutorado. Esse *insight* teve grande influência das discussões que realizamos no Grupo dos Estudos Culturais das Ciências e das Educação (GECCE), principalmente pela noção de mediação de Bruno Latour e dos estudos de laboratórios que desenvolveu em parceria com Steve Woolgar.

⁴ Postagem disponível em:

<https://m.facebook.com/groups/professoresasquimica/permalink/2726763804065459/?mibextid=Nif5oz>

As ideias do materialismo das mediações de Latour aparecem no capítulo “*Você acredita na realidade... aumentada?*”, pergunta que parece ajustar-se muito bem a outra feita por um colega de Latour em um *resort* em Teresópolis no Brasil, “*Você acredita na realidade?*”, indagação esta utilizada por Latour (2017) para dar início as discussões em torno da fabricação dos fatos científicos por meio das mediações entre os humanos e não humanos⁵, como Pasteur e os micróbios, por exemplo.

Ao começar um estudo sobre ciência e tecnologia Latour (2011, p. 2) diz que a “escolha da porta de entrada depende crucialmente da escolha e do momento certo”. Escolher o momento certo, não é sinônimo de escolha fácil, e digo, não foi uma escolha fácil. Os significados da crença, do materialismo, das condições superlativas descritas no parágrafo anterior como integrantes do título mudaram muitas vezes. Explicarei melhor sobre os caminhos das escolhas das portas no capítulo 2.

Dentro do campo dos Estudos Culturais das Ciências a produção científica é vista como resultado das construções socioculturais, ou seja, a ciência é produzida no mundo da vida, assim, estes estudos retiram a prática e o conhecimento científicos do campo exclusivo da epistemologia, e defendem que na codificação da episteme das teorias científicas existem aspectos culturais como nacionalidade, gênero, consumo, propaganda, entre outros (Wortmann, 2008). Assim, ao investigar os processos de produção da ciência, os praticantes dos Estudos Culturais das Ciências descolam seus estudos para além das bancadas dos laboratórios e incursionam seus olhares para as representações culturais da ciência nas séries (Fary; Oliveira, 2018), nas plataformas de compartilhamento de vídeos (Gomes; Oliveira, 2018; 2019), nos anúncios de jornais/revistas (RIPOLL, 2001), nos quadrinhos (Rivelini-Silva; Camargo; Gregório, 2018; Camargo, 2020) entre outros espaços.

Portanto, este trabalho considera, assim como Lenoir (2004, p. 16) que o conhecimento “é uma forma de interpretação, envolvendo um

⁵ Latour (2012, p. 109) na falta de um termo melhor, chama de não humanos tudo aquilo que não é humano, e que exercem ou sofrem algum tipo de ação na produção do social, segundo ele, as coisas podem “autorizar, permitir, produzir, encorajar, consentir, sugerir, influenciar, bloquear, retribuir e proibir”.

engajamento temporal, corporal do mundo, antes do que a postura desinteressada, descarnada, contemplativa”.

Diante disto, meu objetivo é identificar os atores presentes na produção cultural envolvendo a Realidade Aumentada (RA) e a educação química na plataforma *Web of Science* (WoS), e descrever as associações produzidas pelos atores, responsáveis por mobilizar professores de química para uso da RA.

O interesse de estudar a RA vem do lugar de destaque que a imagem tem em nossa sociedade e do seu entendimento como artefato cultural que, assim como a realidade, o sujeito e a “verdade” são produtos construídos, inventados, fabricados pela linguagem resultante das negociações simbólicas realizadas ao longo da história. Assim, considero que os discursos sobre o uso da RA e as imagens produzidas por esses aplicativos são produtos de alguma(s) prática(s) significante(s), que operam na busca de aliados do discurso das ciências modernas, e especificamente, nesta tese a área da educação química. Portanto, minha pergunta de pesquisa é: Quais atores e associações estão presentes nos textos científicos da WoS, para arregimentar aliados ao uso da RA na educação química?

Antes de apresentar a síntese dos caminhos percorridos da escrita desta tese, gostaria de situar os acontecimentos/situações/cenários que me afetaram ao longo da minha caminhada de doutoramento. Esta tese foi desenvolvida em meio a um cenário político muito adverso, em que muitas vezes nós estudantes fomos atravessados por ameaças de cortes de bolsa, fomos adjetivados como “tarados” por diplomas, que só fazemos balbúrdia nas universidades, discursos estes que perpetuam outro discurso de “Você só estuda?” “Você ganha bolsa para estudar?” “Tem que acabar com essa mamata!”. Que mamata foi essa? Eu desconheço, porque estar na pós-graduação é um trabalho árduo, de renúncias, de noites sem dormir, ou ao menos sonhando com o que falar na reunião de orientação, um trabalho de inspiração e de transpiração.

Além disso, minha escrita também foi atravessada pela

pandemia do Coronavírus⁶, “é impressionante como uma criatura tão pequena, invisível a olho nu, ter a capacidade de paralisar o planeta” (Schwarcz, 2020, p. 5). Segundo a historiadora a pandemia da Covid-19 marcou o final do século XX, enquanto em um cenário “normal” as mudanças nos modos de vida dominantes (trabalho, consumo, lazer, convivência) passam desapercebidas, com a explosão de uma pandemia convivemos com transformações abruptas e repentinhas, colocando a população em uma quarentena que Santos (2020) chamou de discriminatória, e mais difícil para os grupos sociais do sul⁷: mulheres, trabalhadores precários/informais/autônomos/de rua, idosos, sem-teto, refugiados, entre outros.

No campo educacional nos deparamos com outras formas de estudar e o ensino remoto ganhou espaço nas reuniões escolares, nos noticiários, nas casas daqueles que cursavam alguma modalidade de ensino. A pós-graduação foi uma das primeiras a adotar o ensino pelas telas, pelas salas virtuais, todas as disciplinas que cursei durante o doutorado foram realizadas desta forma. Os encontros presenciais do GECCE não aconteceram mais, sem falar, da permanência na sala do GECCE que poderia me ajudar na caminhada dentro das perspectivas dos Estudos Culturais das Ciências e das Educação, mas ficou só no desejo.

Estes cenários digitais perduraram por mais tempo que o previsto, já que a postura negacionista do governo federal que colocou o Brasil, segundo dados de um estudo australiano e publicado por vários veículos da imprensa⁸, como pior país em gerenciar a pandemia em um ranking de 98 países. O estudo do *Lowy Institute* analisou seis critérios, entre eles: casos confirmados, mortes e capacidade de detecção, e os países foram classificados levando em consideração a região, os sistemas políticos,

⁶ Virus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (SARS-CoV-2), que em 11 de março de 2020 atingiu nível mundial de infecção e a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou situação de pandemia.

⁷ Santos (2020) utiliza o termo sul, não no sentido geográfico, mas designar um espaço-tempo político, social e cultural, uma metáfora do sofrimento causado pela exploração do capitalismo, pela discriminação racial, de gênero e sexual.

⁸As reportagens do Portal G1 (Brasil, 2021), Conexão Planeta (Camargo, 2021), Poder 360 (Brasil, 2021) e Portal UOL (Brasil, 2021), com o estudo australiano, estão nas referências desta tese.

o tamanho da população e o desenvolvimento econômico, como resultado o Brasil amargou a última posição principalmente pelas atitudes políticas, e aqui não posso deixar de nominar o presidente Jair Bolsonaro que minimizou a gravidade da Covid-19 chamando-a de “gripezinha”, defendeu o uso de medicamentos sem eficácia comprovada e duvidou do uso de máscaras e do distanciamento social e da vacinação em massa, sendo responsável por mortes que poderiam ser evitadas.

Diante deste panorama, órgãos ligados a pós-graduação brasileira, como a CAPES, tomaram medidas para minimizar os danos as pesquisas em andamento de mestrandos e doutorandos, estabelecendo a prorrogação excepcional de prazos como a Portaria nº 121/2020⁹ publicada no Diário Oficial da União no dia 19 de agosto.

A escrita de uma tese caminha com a saúde do escritor e das pessoas que os cercam, neste sentido poderia escrever diversas linhas contando alguns episódios, mas quero chamar a atenção para a saúde mental dos pós-graduandos, porque acredito que é necessário ampliar a discussão sobre as doenças de depressão e ansiedade na pós-graduação.

Costa e Nebel (2018) nos indagam qual o valor da dor, e apontam alguns dados referentes ao índice de depressão e a ansiedade entre pós-graduandos brasileiros. Os dados da sua pesquisa empírica e de revisão bibliográfica realizada com 2903 estudantes, apontaram que 74% deles sofriam de ansiedade, 31% de insônia, e 25% de depressão, esses números corroboram com um levantamento realizado, em 2019, pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que colocou o Brasil em primeiro lugar¹⁰ de pessoas ansiosas no mundo, estima-se que 18,6 milhões de brasileiros conviviam com o transtorno de ansiedade, quadro este, piorado com a pandemia da Covid-19.

Um relatório¹¹ da OMS, publicado em março de 2022, apontou

⁹Portaria n° 121/2020 publicada em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=20/08/2020&jornal=515&pagina=59>

¹⁰ As reportagens do site Exame (Brasil, 2019) e do Portal G1 (Ansiedade, 2020) estão nas referências desta tese.

¹¹ Dados do relatório da OMS pode ser acessado em: <https://g1.globo.com/saude/saude-mental/noticia/2022/03/02/pandemia-fez-aumentar-em-mais-de-25percent-numero-de-casos-de-depressao-e-ansiedade-em-todo-o-mundo-alerta-oms.ghtml>

um acréscimo de 25% na quantidade de casos de depressão e ansiedade em todo o mundo em 2020, e segundo reportagem¹² do VivaBem UOL, durante a pandemia a busca mais realizada na plataforma Psicologia Viva foi sobre o assunto ansiedade com 20,1% dos temas buscados.

Costa e Nebel (2018) pontuam que as taxas de transtornos de ansiedade e depressão são muito maiores em pessoas que frequentam o Ensino Superior, principalmente na pós-graduação que tem como característica o ambiente desafiador, em que o pesquisador precisa desenvolver sua dissertação/tese, participar de eventos nacionais e internacionais, cumprir os créditos das disciplinas, publicar artigos em periódicos qualificados, somado ainda as dificuldades financeiras, as questões familiares, conjugais, emocionais, profissionais e muitas outras que perpassam a vida de um pós-graduando.

Além de procurar ajuda de colegas e profissionais da saúde, assim como fiz, Costa e Nebel (2018) sugerem que a universidade, as agências de fomento, os programas de pós-graduação estabeleçam um debate amplo e aberto sobre esse tema, um debate que possibilite pensar estratégias que visam minimizar o sofrimento mental, como por exemplo, a criação de eventos acadêmicos que tenham como objetivo debater o tema, e dentro do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEL (PECEM), poderia ocorrer no encontro de estudantes e egressos do PECEM.

Pontuado os acontecimentos/situações/cenários que atravessaram a escrita da minha tese, descrevo agora seus capítulos.

A escrita do capítulo 2 é guiada pela pergunta “*Estou no caminho certo? Esta é a porta de entrada?*”, já que a porta de entrada no campo é crucial nas pesquisas envolvendo ciência e tecnologia. O capítulo começa com a discussão em torno das escolhas da metodologia no campo dos Estudos Culturais, que são sempre contingentes, atravessadas por relações de poder que produzem o campo e a metodologia. Ainda neste

¹² Reportagem disponível em:

<https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2022/02/26/pesquisa-ansiedade-e-assunto-mais-buscado-por-brasileiros-na-pandemia.htm>

capítulo abordo as escolhas, os movimentos teóricos-metodológicos¹³ da porta de entrada da minha pesquisa, o espaço-rede¹⁴ da plataforma da WoS e da escolha metodológica pela *descrição* da ciência em ação de Latour.

No capítulo 3, intitulado “*Você acredita na realidade... aumentada?*”, discuto a partir de Latour (2017) a produção da realidade. Neste movimento apresento alguns conceitos de realidade aumentada e as relações entre o real e o virtual. Ainda neste capítulo, discuto o uso de tecnologias nas aulas de química.

“*A questão do interesse*” é o título do capítulo 4, onde discuto a produção de testemunhas fidedignas nas práticas científicas, do movimento da ciência *em ação*, que assim como as atividades sociais também é política, uma vez que os cientistas utilizam instrumentos, figuras, imagens para tornar sua “descoberta” um fato científico.

No capítulo 5 “*Descrição... mais digna possível*”, começo meu processo descritivo pelo espaço-tempo da produção dos artigos selecionados da minha pesquisa. Em seguida, movido pelas redes digitais produzidas com o programa *VOSViewer* e da metodologia de análise visual de redes proposta por Venturini, Jacomy e Jensen (2021) e Venturini, Jacomy e Pereira, (2015a,b), apresento as redes digitais e os estudos de coocorrência de palavras chaves, e de análise relacional de citações de acoplamento bibliográfico, que são utilizados aqui, como o processo nascente da descrição das associações que estabelecem relações entre a RA e a educação química.

No último movimento escrevo algumas palavras não no sentido de finalizar o texto, mas de pensar que a pesquisa nunca acaba, uma

¹³ O hifen na expressão teóricos-metodológicos está relacionado com mobilidade, com a formação de associações, aspectos que encontramos, na sociologia da mobilidade de Latour, em que o hífen da expressão Ator-Rede é uma forma de sair da discussão improdutiva de falar sobre os fenômenos sociais ou do individual, ou do coletivo, o hífen aponta para circulação do “faz-fazer” e não para a imobilização de um dos polos de ação (Lemos, 2013a). Neste sentido, os movimentos teóricos e metodológicos estão hibridizados/imbricados. Latour em ciência em ação faz isso, estabelecendo regras metodológicas de como seguir os cientistas e engenheiros ao mesmo tempo que apresenta movimentos teóricos sobre as práticas científicas.

¹⁴ Aprofundo a discussão em torno do termo espaço-rede na seção 2.2, mas sintetizando o entendimento deste termo a partir da sociologia da mobilidade de Latour, o espaço não deve ser entendido apenas em uma dimensão abstrata de reservatório de coisas, mas também na dimensão relacional, como uma rede de lugares e objetos produzida pelas dinâmicas destes últimos. Significa dizer que, no movimento faz-fazer do espaço-rede, o espaço não é aquilo que contém coisas, mas que vai se constituindo como a noção de rede (Lemos, 2013a).

vez que a rede é dinâmica e muda constantemente.

Após essas linhas descritivas, gostaria de finalizar esta seção com dois apontamentos. O primeiro é que segui o conselho de Sandra Corazza e me aventurei na arte de criar títulos, assim já adianto que não encontrará os títulos “aborrecidos e indigentes “Introdução” ou “Apresentação”” (Corazza, 2016, p. 96).

Já o segundo apontamento é referente a pergunta-reflexão realizada por meu orientador em uma reunião do GECCE: Sua pesquisa é de um intelectual orgânico, conforme descrito por Hall (2003)?

Sem a pretensão de comparação à Stuart Hall, mas pensando no intelectual orgânico como aquele comprometido com um trabalho intelectual que gera mudanças, que questiona seu próprio trabalho, que se desvia do centro, onde encontram-se as pesquisas tradicionais da busca de um conhecimento verdadeiro, minha resposta mais segura do que na ocasião da pergunta-reflexão, é sim, acredito que minha pesquisa se aproxima dos movimentos de uma pesquisa de um intelectual orgânico, e apoiando-me em uma postura não prepotente, mas de humildade intelectual, estendo então o convite à essa leitura.

2 ESTOU NO CAMINHO CERTO? ESSA É A PORTA DE ENTRADA?

Latour (2011) diz que começar um estudo sobre ciência e tecnologia depende crucialmente da escolha da porta de entrada, assim, neste capítulo apresento minhas movimentações, as portas que abri, e os retornos que precisei fazer para abrir outras... enfim, meus caminhos percorridos na escrita dessa tese.

2.1 QUAL A SUA METODOLOGIA?

Essa pergunta pode ser feita em diversas circunstâncias: em uma arguição de um projeto de pesquisa, em uma banca de TCC/dissertação/tese, em um evento científico, num parecer da avaliação do seu artigo, ou em uma conversa de “como você fez isso? Está muito bom... ou não!”. Embora, todas as circunstâncias sejam interessantes, vamos aqui falar de como fiz a minha tese.

Ao me envolver com o campo dos Estudos Culturais (EC), essa pergunta tornou-se, logo de início, assustadora, já que o espectro que ronda os corredores do próprio grupo de pesquisa, anuncia que os EC não possuem uma metodologia que possa chamar de sua, ou melhor, nos EC a metodologia é entendida como *bricolagem*¹⁵, o que não quer dizer que pode tudo ou que “vale-tudo” metodologicamente, mas que nossos caminhos metodológicos precisam ser questionados, revisados, a escolha da metodologia deve ser prática, estratégica e autorreflexiva, e depende das questões que são feitas e do contexto em que estão inseridas.

Portanto, é preciso de início evitar definir as práticas de pesquisa, uma vez que “nenhuma metodologia pode ser privilegiada ou mesmo temporariamente empregada com total segurança e confiança, embora nenhuma possa tampouco ser eliminada antecipadamente” (Nelson;

¹⁵ A Bricolagem (ou *bricolage* em francês) está relacionada com a postura curiosa/intuitiva do fazer. Lévi-strauss (1989) apresenta este conceito no campo da antropologia para contrapor o funcionalismo da produção do conhecimento. Para ele, na investigação da produção de conhecimentos o pesquisador pode utilizar uma mistura de ferramentas, já que dentro da pesquisa podemos encontrar lacunas, e outras ferramentas (métodos) podem ser adotadas.

Treichler; Grassberg, 2012, p. 9).

Sem uma metodologia *a priori*, assombrado pela desconcertante ambiguidade e tendo que confessar alguma fidelidade ao modo de existência do GECCE, me encontrava muitas vezes sem direção para estudar a Realidade Aumentada (RA) e a educação química, em um verdadeiro labirinto. Mas, para Corazza (2007) é precisamente essa ambiguidade e desconforto que produz as práticas de pesquisas. Segundo a autora os labirintos

[...] são construídos com repartimentos polimorfos, de disposição esteticamente enredada, tortuosa, intrincada, que nunca repetem sua própria forma, sendo que tais feitos são justamente aqueles que os tornam um lugar complicado e, muitas vezes, inextricável e admiravelmente emaranhado. Seus corredores estão dispostos em uma ordem tumultuosa, que depois de neles entrar é quase impossível encontrar a saída, mesmo que desejemos. O traçado de seu desenho é formado por linhas sinuosas e imprevisíveis, das quais, quando se está dentro, não se tem a mínima idéia de onde nos levarão, nem onde estão seus pontos de fuga, ou mesmo aqueles de aprisionamento. Lugar onde muitas vezes é preciso voltar sobre nossos próprios passos, para encontrar outras possibilidades de continuar em movimento; ou então gritar bem alto, para que o som da própria voz seja a única a nos fazer companhia, e não se morra de solidão (Corazza, 2007, p. 3).

A segurança, o caminho, a estrutura que os ferrolhos¹⁶ do pensamento moderno insistem em propor criar, não fazem muito sentido quando adentramos no labirinto, uma vez que não precisamos nos fixar em um campo teórico já estabelecido e legitimado, e/ou em uma disciplina estável com elevado *status* de cientificidade, com ferrolhos que nos levam em um caminho onde sabemos de ante mão o ponto de partida, o percurso e o ponto de chegada (Corazza, 2007). Estar sem rumo, agora não era mais um medo, mas uma condição para a produção de uma pesquisa pós-estruturalista¹⁷.

¹⁶ Ferrolhos são trincos de ferro, utilizados para fechar portas, janelas, portões, e é neste sentido de tranca, que Corazza (2007) busca criticá-los, uma vez que, sua existência é responsável pelo cenário de repetição dos movimentos, análises dos resultados das pesquisas em educação.

¹⁷ As pesquisas pós-estruturalistas são aquelas que nos colocam em um lugar de inquietação, que abala nossas crenças sobre verdades absolutas, as metanarrativas, e/ou sujeito iluminista. Assim, estas pesquisas estão engendradas em labirintos de reflexões

Veiga-Neto (2007) propõe um outro olhar para a pesquisa em educação, o da desconfiança das bases que se assentam em discursos proféticos e esperançosos, e da não aceitação automática e silenciosa das grandes declarações e princípios do pensamento moderno da razão. Também, do sujeito do progresso, da totalidade do mundo, que encontrará essa totalidade (realidade) por meio da Ciência, com “C” maiúsculo, que fornece critérios universais para validação do conhecimento (Latour, 2011). Das, também chamadas, metanarrativas iluministas, em que a razão tem a função de iluminar o Homem, libertando-o das trevas, das superstições dos mitos enganosos, e neste processo de desvendar/revelar a verdade, a linguagem tem o papel de descrever o mundo.

Em contrapartida, ao adotarmos um olhar pós-estruturalista para as pesquisas, divergimos do entendimento da linguagem como instrumento de descoberta da realidade, já que dentro deste movimento a linguagem é elemento constituinte da compreensão do mundo, ou seja, a linguagem é ação, ela cria a realidade. Assim, não temos o controle do discurso como pensávamos que tínhamos, pois os entendimentos sobre o mundo se dão nas combinações flutuantes dos enunciados, e dentro desse movimento contingente, não existe um porto seguro em que podemos ancorar nossa perspectiva de análise para conhecer a realidade, já que, segundo Veiga-Neto (2007), conseguimos no máximo nos amarrar às superfícies que nos ajudam a construir novas formas de ver e nos relacionar com o mundo.

Portanto, somos nós que construímos as realidades a partir das perspectivas teóricas que adotamos, neste sentido não existe “a realidade educacional brasileira”, mas muitas realidades que “podemos, enunciar, conhecer, pensar, discutir, disputar sobre se chamamos “aquel” de realidade educacional brasileira, ou não” (Corazza, 2007, p. 9). Por exemplo, a oferta da educação financeira¹⁸ para estudantes do ensino

teóricas *destrutivas*, que colocam em discussão as concepções enraizadas do fazer pesquisa, assim a pesquisa pós-estruturalista não busca encontrar a verdade, mas questionar como certo discurso se constituiu como verdadeiro, ou seja, no pós-estruturalismo a linguagem passa de instrumento de descrição do mundo, para elemento da constituição do mundo, ela é um dos sistemas de representação de construção de significados.

¹⁸ Em 2020, a matéria de educação financeira foi implementada no currículo da educação

fundamental no Paraná. O que diria um secretário de educação neoliberal e um professor ligado aos movimentos da classe trabalhadora sobre a implementação deste projeto? O secretário defenderia, quer dizer defende, pois a disciplina de educação financeira já está na grade curricular, sob o argumento da necessidade de “*conhecer conceitos básicos de economia, finanças, de como administrar o dinheiro - são conhecimentos fundamentais para qualquer trabalhador ou empreendedor*”¹⁹.

O discurso de aprender a guardar dinheiro, de se tornar um empreendedor, encontra em outras pessoas ligadas a educação (ou não), críticas, pois consideram que este discurso retira do Estado a responsabilidade de garantir as “condições justas e favoráveis de trabalho e à proteção contra o desemprego” (ONU, 1948, art. XXIII), uma vez que a estratégia de pertencimento do empreendedorismo está no movimento do faça você mesmo, do seja você seu próprio patrão.

A formação de uma sociedade que sabe guardar dinheiro, ao mesmo tempo que o Estado se desvincilha de suas obrigações, ou a formação de uma sociedade consciente sobre as desigualdades produzidas pelo capitalismo, “são produzidas em condições históricas determinadas, dentro de certos regimes, relações e lutas de poder, saber, verdade” (Corazza, 2007, p. 10), um grupo social pode avaliar a implementação da educação financeira como algo necessário para a independência financeira, e outro como uma forma de reforçar o discurso de meritocracia, mas quem consegue abrir uma poupança²⁰ para guardar dinheiro para estudar no exterior, quando é obrigado a deixar a escola por falta de computador/celular para acessar as aulas remotas, ou trabalhar para ajudar nas despesas de casa?

fundamental no estado do Paraná, em parceria com a Secretaria de Estado da Educação e do Esporte e o Banco Central. Já em 2021, a educação financeira foi incluída como componente curricular na matriz das instituições estaduais de ensino que ofertam o Ensino Médio. Uma discussão mais detalhada sobre a implementação da educação financeira no Brasil pode ser entrada em Cunha (2020).

¹⁹ Notícia postada no site da agência de notícias do Paraná, disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=104864>.

²⁰ Em 29 de outubro de 2021 foi exibida uma reportagem no jornal da manhã sobre jovens empreendedores, e entre os entrevistados, estava uma estudante, provavelmente de escola particular, já que sua ação empreendedora é de vender apostilas de escolas particulares, seu sonho era estudar fora, e estava em dividida entre Canadá e Estados Unidos, lugares que ela já havia visitado, e que para conquistar tal sonho já tem guardado em sua conta poupança 8 mil reais. A reportagem está disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/9992861/?s=0s>.

Trago esses apontamentos, pois os caminhos metodológicos de uma pesquisa começam na desconfiança da realidade, das coisas, do que é real (Corazza, 2007; Veiga-Neto 2007), assim não faz sentido entrar no campo de pesquisa com uma metodologia pré-estabelecida. Isso me fez lembrar das reuniões do GECCE, sobre os primeiros passos da pesquisa, que é justamente a entrada no campo.

Como participantes do grupo sempre ouvimos de nosso coordenador o seguinte: “*Vocês precisam entrar no campo, é do campo que vão emergir suas necessidades/escolhas teóricas e metodológicas*”. Confesso que de inicio, na minha cabeça estruturalista, essas palavras não faziam muito sentido, pareciam até perigosas, como diz Alves (2020) sonhamos com o voo, mas tememos as alturas, eu tinha medo de deixar a gaiola e não sabia qual porta abrir, e os estudos sobre as atividades tecnocientíficas²¹ começam justamente com a escolha da porta (Latour, 2011).

Como mencionei no capítulo da motivação meu primeiro contato com um aplicativo de RA direcionado ao ensino de química foi o *Rapp Chemistry*²², a primeira porta que abri em minha pesquisa foi acessando uma postagem na página do *Facebook* de professores de Química. A partir da leitura da postagem, realizei o download do aplicativo para o meu celular, e com a leitura do *QR-code* (código de resposta rápida), a imagem tridimensional do átomo (não me lembro qual foi o elemento químico) saltou ao meus olhos, pensei na época, vou estudar esse aplicativo.

Lembro-me que na época realizava leituras do campo comumente chamado de estudos da ciência, e entre as leituras estava de Lenoir (1997a, 2004). Veiga-Neto (1998) pontua que Lenoir propõe a entrada da semiótica na análise das práticas científicas, de compreender o funcionamento dos signos nas lógicas da atividade científica, dos recursos discursivos, materiais, institucionais e simbólicos da prática cultural de

²¹ A distinção entre ciência e tecnologia, ou ciência aplicada e pura não interessa a Latour, para ele não existe uma distinção útil para estudos da ciência em construção. Latour (2011) ao estudar o processo da invenção da estrutura do DNA não distingue ciência e tecnologia, o fato científico da dupla hélice e o artefato técnico do computador Eclipse MV/8000, estão imbricados no processo de convencimento.

²² O aplicativo *Rapp Chemistry* está disponível para download em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.RApp.Chemistry&hl=pt_BR&gl=US

produção da ciência.

Em Lenoir (1997a) me deparei com uma possibilidade de estudar o poder-representação²³ da invenção do aplicativo de RA *Rapp Chemistry*, isto porque no artigo o autor discute o uso signos/marcadores para naturalizar uma ordem constituída historicamente, e entre as análises ele apresenta o episódio da vitória dos dinossauros divinos de Richard Owen sobre os dinossauros evolucionistas de Lamarck. Segundo o autor, Owen ganhou uma exposição de seus dinossauros no Museu Britânico de História Natural graças ao seu alinhamento com as ideias das autoridades anglicanas de que as mudanças naturais e sociais emanavam de cima, que as leis naturais eram divinamente sancionadas.

Entre os argumentos, Owen defendia que os ossos pélvicos e os ossos das patas dos dinossauros se assemelhavam aos dos elefantes e rinocerontes, sendo estes de sangue quente. Assim, seus dinossauros eram classificados como proto-mamíferos “tipos proféticos” de mamíferos colocados na Terra pelo Criador. De 1839 a 1841 Owen foi amplamente financiado pela Associação Britânica para o Avanço da Ciência (BAAS), que desde 1830 era controlada por dirigentes anglicanos. Para a construção do manufaturado Iguanodonte de 35 pés foram utilizados “4 colunas de ferro, 600 tijolos, 650 canos, 900 lajotas, 38 tóneis de cimento, 98 tonéis de brita e 100 pés de aros de ferro. Não havia qualquer traço fóssil em lugar algum da exposição” (Lenoir, 1997a, p. 62).

A segunda porta estava aberta: meu campo de pesquisa se distanciava da postagem no *Facebook* e se aproximava do aplicativo *Rapp Chemistry* propriamente dito, como o objetivo de analisar a busca de aliados nas aulas de química na validação das estruturas atômicas por meio da projeção de imagens em 3D dos átomos, da mistura do mundo real e o virtual.

Pronto agora tenho um campo estabelecido. *Mas, você irá estudar o aplicativo em si? Como ele se institui como uma realidade, como Lenoir fez com os dinossauros?* Perguntou meu orientador. Depois de alguns

²³ Poder-representação refere-se as mobilizações que humanos e não humanos realizam para fabricar as realidades, sendo as representações os produtos finais dos processos de significações.

instantes de silêncio, respondi que estava interessado em analisar as imagens produzidas pelo app, surgindo então uma outra possibilidade metodológica, da leitura crítica de imagens em Kellner (2012), de analisar a forma de como as imagens foram construídas e os conteúdos que elas comunicam. Neste sentido, abri uma terceira porta, tentando encontrar Juan Carlos, o desenvolvedor do aplicativo *Rapp Chemistry*, para investigar o processo de produção do app, já que seu conteúdo estava explícito: estruturas atômicas, mas que não significava uma análise sobre esse conteúdo, ou melhor para Latour (2011) o contexto e o conteúdo nas práticas de produção de verdades se fundem, assim não faria sentido estudar a forma e o conteúdo isoladamente, uma vez que existem redes de negociações entre eles.

Na mesma obra Latour diz que nossa entrada no mundo da ciência e tecnologia deve ser pela porta de trás, da ciência em contrução, onde as caixas-pretas²⁴ ainda não foram fechadas. Um dos exemplos que ele traz em sua obra é a abertura da caixa-preta da invenção da dupla hélice do DNA, que já na primeira cena nos descreve o episódio da bela figura produzida pelo computador Eclipse MV/8000.

Numa manhã fria e ensolarada de outubro de 1985, John Whittaker entra em seu gabinete do prédio de biologia nuclear do Instituto Pasteur em Paris e liga seu computador Eclipse MV/8000. Alguns segundos depois de carregar os programas especiais por ele concebidos, brilha na tela uma imagem tridimensional da dupla hélice de DNA. John é cientista da computação, convidado pelo instituto para trabalhar na criação de programas capazes de produzir imagens tridimensionais das hélices de DNA e relacioná-las com as milhares de novas sequências de ácido nucleico despejadas todos os anos em revistas de banco de dados. “Bela figura, hein?”, disse seu chefe, Pierre, que acaba de entrar no gabinete. “É uma boa máquina também”, responde John (Latour, 2011, p. 01).

Da mesma forma que Latour (2011) “seguiu”²⁵ os cientistas da

²⁴ Termo utilizado na cibernetica para designar algo complexo demais, de que não precisamos saber explicar, ou melhor, só saber o que entra e o que sai dela. Latour (2011) utilizada esta expressão para discutir a forma que precisamos estudar a ciência, segundo o ele, a atividade científica deve ser investigada antes que as caixas-pretas se fechem, antes do estabelecimento das certezas inquestionáveis.

²⁵ Latour no caso da dupla hélice não seguiu os cientistas propriamente dito, não estava no

produção da dupla hélice do DNA, eu também, pensando no aplicativo como um produto final do processo de negociações, tentei contato com o (tentei seguir o) desenvolvedor do *Rapp Chemistry* pelo site da loja de aplicativos²⁶, pelo e-mail do suporte técnico²⁷ e pelas redes sociais (*Facebook*²⁸ e *Instagram*²⁹), a fim de investigar justamente as ações, os interesses que levaram a produção do app que também produzia uma “bela imagem”, mas de estruturas atômicas em 3D do modelo atômico de Bohr. Entretanto sem o retorno dos contatos, a informação que tinha em mãos era a descrição do aplicativo na loja da *Google Play*, que trazia consigo um discurso conhecido do pensamento pedagógico moderno inaugurado por Comenius no século XVII, da metodologia atraente que utiliza imagens para ensinar, a justificativa para o uso do *Rapp Chemistry* assenta-se no ensino facilitador na educação imagética que torna o ensino de estruturas atômicas mais fácil e atraente (Faraum Junior; Oliveira, 2021).

A possibilidade de investigar as práticas envolvidas na criação do aplicativo tornou-se difícil, e tive que voltar pela porta que havia aberto, ou melhor adentrar uma porta, que ainda não tinha mencionado aqui: a porta da produção escrita, da busca em *sites* específicos a produção científica de algo estudado, um dos nossos primeiros passos na empreitada de escrever uma pesquisa acadêmica.

A apresentação do objeto de pesquisa em seu “estado bruto” é o que Corazza (2016, p. 96) chama de *ditos e escritos*, movimento pelo qual se buscam as “significações correntes, as ideias e sentimentos hegemônicos, dominantes, aceitos sem qualquer questionamento sobre seu valor, importância, elevação, nobreza”, e dentro de pesquisas pós-estruturalistas realizamos esse movimento para depois nos des-filiar, no sentido de que não se prender ao dito/escrito nas práticas correntes do campo de pesquisa que atuamos, mas sim, no meu caso investigar as associações envolvendo

Instituto Pasteur ou no laboratório Cavendish, ele utilizou escritos/relatos de outros autores como Watson (1968) e Kidder (1981), para estudar a construção do fato científico da estrutura do DNA.

²⁶ https://play.google.com/store/apps/details?id=com.RApp.Chemistry&hl=pt_BR&gl=US

²⁷ rapp.supp@gmail.com

²⁸ <https://www.facebook.com/rappchemistry/>

²⁹ <https://www.instagram.com/juancarlos1719/>

estratégias de convencimento da utilização da RA na educação química, presentes na literatura dos educadores químicos.

Minha porta foi o site do banco de dados da *Web of Science* (WoS) utilizando as palavras-chaves por meio de uma busca utilizando "*Augmented reality*" AND ("*Chemical Education*" OR "*chemistry teaching*"), e para analisar esses artigos utilizei como aliadas as ideias de Latour (2011), principalmente o conceito de translação de interesses, que são as estratégias que usamos para convencer os outros, movimentos que complementam a arregimentação, portanto, transladamos interesses com o propósito de arregimentar atores para fazerem funcionar determinadas ideias, ou seja são as ações realizadas pelos atores para não ficarem isolados, sendo que entre essas ações está a produção de textos (Latour, 2011).

Vale pontuar que, a escolha da sintaxe das palavras-chaves se deu, primeiramente pelo número de resultados, isto porque, quando utilizei "*Chemical Education*" "*chemistry teaching*" separadamente, obtive menor número de artigos, e ao utilizar o operador booleano³⁰ "OR" o resultado da pesquisa aumentou 20%, com 19 artigos a mais. Além disso, nesta pesquisa defendo que as ações dos educadores químicos produzem rede(s) de educação química (discuto melhor o entendimento de educação química na seção 3.2) e meu interesse recai em identificar os atores e descrever as associações que mobilizam os professores de química para o uso da "*Augmented reality*".

A abertura de outras portas metodológicas, ou a mudança de uma para outra não significa que as experiências, as sensações foram deixadas de lado, o processo metodológico é o de alquimia (Corazza, 2002), e no sentido profano desta alquimia, segundo Oliveira (2009, p. 129) está "os rituais que misturam técnicas, crenças e procedimentos que fundem devaneios e marchas analíticas detalhadas", ou seja, a metodologia é rizomática, que agrega sensações, técnicas, habilidades e resistências ao longo do processo, ou como diz Zélia Duncan na canção³¹ 'Todos os verbos':

³⁰ Operadores booleanos são palavras que informam ao sistema de busca como combinar os termos da pesquisa. Os operadores são: AND, OR e NOT que significam, respectivamente, E, OU e NÃO.

³¹ A música está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=d9HtPhxI6YQ>

errar é útil/... Refazer é ótimo.

Portanto, minha investigação acerca das associações realizadas entre os atores da rede da produção cultural envolvendo RA e a educação química, carrega as experiências dos movimentos de abertura/recuo/mudança das portas, e ao seguir os cientistas/autores/professores por meio de suas produções escritas (artigos), o título/pergunta que iniciei este capítulo deve ser, ao menos, modificado, pois a resposta sobre a escolha correta da porta de entrada só foi respondida ao final da minha pesquisa, isto porque o campo e metodologia foram produzidos no próprio texto.

Em uma pesquisa dentro dos EC é difícil dizer se a escolha de uma abordagem metodológica foi certa ou errada, pois para nós praticantes, o ponto de partida depende do processo de negociação, de escolhas que emergirão do próprio campo, por isso que não estabelecemos uma metodologia *a priori*, ela está na ordem do poder, nos espaços de negociação que sempre estão em construção, uma vez que nossas escolhas são contingenciais. Assim, estas pesquisas tentam fugir da perspectiva realista que busca desvendar/revelar/descobrir uma verdade, para a política, uma vez que somos nós que fixamos/delimitamos o *corpus*, e que no final expressam tendências.

A fuga³² do realismo também é encontrada nos estudos relacionados a produção da ciência de Latour e Woolgar (1997) e Latour (2011, 2017) que deslocam sua abordagem metodológica do campo dos velhos estudos sociológicos das ciências da interpretação que enquadram seus resultados em uma moldura teórica, para a descrição mais digna possível das associações produzidas nas práticas científicas. Em outras palavras, nos estudos sociológicos das ciências de Latour, a descrição das articulações e desarticulações realizadas pelos cientistas dentro e fora do

³² A fuga do realismo no pensamento latouriano não é definitiva, uma vez que muito relativismo nos traz ao realismo. Portanto, precisamos evitar assumir uma única posição, via de regra, para que não nos tornemos tolos, devemos ser realistas quando os objetos estão frios (estabelecidos como fato) e relativistas quando os objetos ainda estão quentes, no centro da controvérsia (Latour, 2011). Outra saída seria o relativismo chamado por Oliveira (2009) de particular, que busca estudar as singularidades/particularidades das práticas científicas, no sentido do que é produzido em determinadas circunstâncias e não em outras, ou seja, um sentido não universal das práticas científicas.

laboratório são mais importantes que a *explicação* do desenvolvimento científico (Oliveira, 2009).

Os estudos de Latour sobre a produção da ciência, da ciência como prática, inicia-se nos anos de 1970 em contraste aos trabalhos sociológicos dedicados aos estudos da influência de fatores externos no processo de produção de conhecimento dito científico, a crítica de Latour segundo Freire (2013) consiste no fato de que as abordagens convencionais da sociologia das ciências apenas acrescentam um “contexto social” às práticas científicas, sem questionar, por exemplo, o próprio conteúdo científico (produzido).

A sociologia da mobilidade³³ de Latour desloca-se “da macro para a microanálise da ciência” (Hochman, 1994, p. 214), uma proposta metodológica de descrição da ciência tal como ela acontece, colocando em xeque o lugar privilegiado do conhecimento científico, o que não quer dizer que ele não seja importante, mas que sua produção acontece como qualquer outra prática de produção de significados, que no caso do científico, o laboratório é o local desta construção, envolvendo humanos e não humanos: cientistas, a literatura, o laboratório e as máquinas na produção da ciência em ação (Latour, 2011).

Após entrada no espaço-rede do banco de dados da WoS, minha escolha metodológica foi a *descrição*, em que me debrucei na literatura, na produção acadêmica, para seguir as articulações envolvendo a RA e a educação química. Assim como Latour (2011) utiliza a cienciometria para descrever a invenção do hormônio GRF, também faço uso desta metodologia neste trabalho, e que com a ajuda programa *VOSviewer* realizei os movimentos de descrição a partir das redes digitais de coocorrência de palavras-chaves e de acoplamento bibliográfico.

Na próxima seção apresentarei as escolhas que realizei, a escolha por olhar a produção escrita, a escolha do *corpus*, enfim, o que se chamam comumente de procedimentos metodológicos, mas que é um espaço de negociação que sempre está em construção, onde somos

³³ Lemos (2013c) utiliza esse termo para caracterizar o trabalho de Latour em seguir os cientistas com a descrição dos entrelaçamentos em via de se fazer, das circulações da agência dos humanos e não humanos antes das estabilizações.

capturados pela rede e nossas escolhas são contingentes produzidas pelas relações de poder³⁴.

2.2 "AUGMENTED REALITY" AND ("CHEMICAL EDUCATION" OR "CHEMISTRY TEACHING")

... MINHA PORTA DE ENTRADA NA BUSCA DA DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE ARREGIMENTAÇÃO DA RA

Antes de pontuar sobre as escolhas que delimitaram minha pesquisa, preciso apresentar a justificativa de me debruçar sobre a produção de textos científicos envolvendo a RA e a educação química. Para tanto, busquei argumentos em Latour (2011) que ao seguir os cientistas e engenheiros mundo afora aponta um caminho metodológico a partir da análise da produção escrita, o que ele chama de literatura.

O ditado “falem bem ou falem mal, mas falem de mim” sintetiza bem as ideias de Latour (2011) sobre a produção da ciência a partir da literatura, dos escritos dos cientistas, “a situação em que alguém faz uma afirmação e o que acontece quando outros acreditam nela ou não” (p. 30). Sim, os cientistas precisam que falem deles, pois, a construção de um fato é coletiva, e uma sentença se tornará fato ou ficção depois de outras sentenças, e pior do que ser criticado é ser ignorado (Latour, 2011).

A sentença ‘*A molécula de DNA apresenta a forma de uma dupla hélice*’ que encontramos nos livros didáticos desvinculada do tempo/espaço/autoria, se tornou uma caixa-preta quando seus inventores utilizaram a estratégia de enfraquecer inimigos e fortalecer os aliados da dupla hélice, uma atividade que se assemelha muito a uma competição política ou do mercado econômico capitalista, em que os cientistas, os grupos de trabalho assumem funções de “estrategistas, negociadores,

³⁴ As relações de poder são mais facilmente observáveis pela disciplina, pois é por meio dela que são estabelecidas as relações, por exemplo, opressor-oprimido, professor-aluno, mandante-mandatário, e tantas outras que exprime disciplinamento. Entretanto, pensando o poder como um encadeamento de relações entre os sujeitos, constituindo uma teia sinuosa e móvel, que se produz infinitamente por meio de ações sobre outras ações possíveis (Foucault, 1995), as relações de poder tornam-se difíceis de ser observadas, são tão complexas, tácitas, intrínsecas e interdependentes, que produzem discursos de verdades desenhadas por relações de força, e “tais forças estão distribuídas difusamente por todo tecido social” (Veiga-Neto, 2003a, p. 73).

calculadores, mobilizadores de recursos de todos os tipos" (Hochman, 1994, p. 215) em uma permanente disputa/competição para transformar o enunciado em fato científico.

Além da sentença do DNA, Latour (2011) traz diversas outras, para exemplificar seu argumento de que a prática científica é coletiva, onde os cientistas lançam mão de textos, arquivos, documentos e artigos para forçar a mudança da opinião para fato, por isso a importância de estudar aquilo que ele chama de veículos retóricos: o *artigo científico*.

O movimento de escrever um artigo pelos cientistas, é o que Latour (2011) chama de *tradução*, que é o processo de criação de híbridos, da interação entre os diversos atores da rede (cientista, os equipamentos, os reagentes, as vidrarias, o pico/valor/leitura revelado pelo programa instalado no computador) e quando o cientista divulga esses resultados em um texto, ele está "traduzindo" (ou mediando) o que os atores não humanos "querem dizer" já que estes não falam por si mesmos e é o humano que traduz criando híbridos de ciências, natureza e sociedade.

Entretanto, a sentença por si mesma/sozinha não se constitui nem fato nem ficção, ela se tornará uma ou a outra graças a outras sentenças, assim se tornará "mais fato se for inserida numa premissa fechada, óbvia, consistente e amarrada" (Latour, 2011, p. 35), ou seja, "o status de uma afirmação depende de afirmações ulteriores. Seu grau de certeza aumenta ou diminui, dependendo da sentença seguinte que a retomar" (p. 40), portanto a fabricação de um fato científico é coletiva e não isolada, uma pessoa sozinha constrói sonhos/alegações/sentimentos e não fatos (Latour, 2011).

O adjetivo "científico" não é atribuído a textos isolados que sejam capazes de se opor à opinião das multidões por virtude e alguma misteriosa faculdade. Um documento se torna científico quando tem a pretensão de deixar de ser algo isolado e quando as pessoas engajadas na sua publicação são numerosas e estão explicitamente indicadas no texto (Latour, 2011, p. 48).

A face direita de Jano³⁵ já nos alerta: *Como ser mais forte que*

³⁵ Jano é o deus romano das portas, representa as transições e dualidades no Universo, materializada pelas suas duas faces. Latour (2011) utiliza a figura deste deus como recurso

um monte de opiniões? Além de se tornar referência para textos posteriores, o artigo científico precisa estar assentado em referências, o número de aliados externos é uma boa indicação de sua força. Isto porque o discordante terá que enfraquecer todos os outros textos/documentos/sentenças utilizados no artigo, ao que o discordante terá duas opções: ler tudo ou desistir, e dependendo das táticas de posicionamento³⁶ utilizadas pelo autor, o trabalho do discordante será muito difícil, já que ele será um leitor isolado e provavelmente irá escolher a segunda opção.

Neste sentido, o assentamento de referências de artigo científico deve conter aliados que ajudaram no fechamento da caixa-preta, da estabilização, da retirada do centro da controvérsia; e inimigos para criticar suas preposições, antecipando as possíveis críticas dos leitores.

Latour (2011) exemplifica o processo de assentamento das referências a partir da fabricação do hormônio do crescimento (GHRH) por Dr. Schally, que trabalhou em seu laboratório em Nova Orleans e descobriu a estrutura primária do GHRH Val-His-Leu-Ser-Ala-Glu-Glu-Lys-Glu-Ala. Esta caixa-preta seria fechada por aliados que estabeleceriam o início dos estudos clínicos em hospitais para tratar de casos de nanismo, uma vez que o tratamento a partir do GHRH poderia estimular a produção do hormônio de crescimento ausente nas pessoas com nanismo.

Entretanto, um discordante transforma o GHRH de precursor no tratamento de nanismo em uma ficção, uma afirmação vazia de que nada se pode concluir.

O Dr. A. Schally afirmou durante vários anos em seu laboratório de New Orleans que a estrutura do GHRH é Val-His-Leu-Ser-Ala-Glu-Glu-Lys-Glu-Ala. No entanto, por incrível coincidência, essa também é a estrutura da hemoglobina, componente comum do sangue e frequente contaminante de extrato de encéfalo purificado, quando a manipulação é feita por pesquisadores incompetentes (Latour, 2011, p. 32).

Schally na tentativa, de ao menos, colocar a sentença do GHRH em um estágio intermediário entre ficção e fato, reportar-se a textos

metafórico para discutir a ciência acabada e a ciência em *ação*.

³⁶ Posicionamento para Latour (2011) está relacionado com a organização e a disciplina do autor para tornar a leitura discordante do artigo mais difícil, as táticas de posicionamento são de **empilhamento, encenação e enquadramento e captação**.

anteriores, citando outro autor que aponta a semelhança entre o GHRH e a hemoglobina (1), fatos bem estabelecidos (2) e a descrição de métodos que geralmente são utilizados nos sequenciamentos peptídicos (3):

(1) [Nota acrescentada na fase de prova.] D. F. Veber *et al.* apontaram a semelhança existente entre a estrutura do nosso decapeptídeo e o aminoterminal da cadeia beta da hemoglobina suína (ref.32)³⁷. O significado dessa observação ainda precisa ser estabelecido.

(2) O hipotálamo controla a secreção do hormônio do crescimento a partir da adeno-hipófise (Pend Muller, E. E. **Neuroendocrinology**, 1, 537, p. 1967). Esse controle é mediado por uma substância hipotalâmica designada hormônio liberador do hormônio do crescimento (Schally, A. v., Arimura, A., Bowers, C. Y., Kastin, A. J., Sawano, S. Redding, T. W. **Recent Process in Hormone Research**, 24, 497, 1968).

(3) O peptídeo suíno, usado neste trabalho, foi uma amostra essencialmente homogênea, isolada da forma descrita acima (refs. 5 e 9) ... Em alguns casos foram analisados produtos da carboxipeptidase B com o sistema de tampão de lítio de Benson, Gordon e Patterson (ref. 10) ... Foi realizada a degradação de Edman na forma descrita por Gottlieb *et al.* (ref. 14). Também foi usado o método de Gray e Smith (ref. 15) (Latour, 2011, p. 51, grifo do autor).

Este movimento do texto de agir sobre outros para ajustá-los a sua tese, é o que Latour (2011) chama de contexto de citação, que possui regras, segundo ele, bem simples, como: enfraquecer os inimigos ou paralisar os que não conseguir (caso da sentença 1), ter comunicações seguras com aqueles que ajudam com dados inquestionáveis (como em 2 e 3). Assim, o leitor que duvidar do texto de Schally terá que enfraquecer todos: os autores, as revistas que publicaram os artigos, os métodos utilizados por Benson, Edman, Gottlieb e Gray e Smith. Portanto, na produção de um fato pela escrita, a estratégia geral é “faça tudo o que for necessário com a literatura anterior para torná-la útil possível à tese que você vai defender” (Latour, 2011, p. 55).

Na produção do fato científico a ação de assentamento das referências não é o suficiente, é preciso avançar essa etapa, ou *geração*, que segundo Latour (2011) é o período necessário para os textos que citaram as

³⁷ VEBER, D. F.; BENNETT, C.; MILKOWSKI, J. D.; GAL, G. OENKEWALTER, R. D.; HIRSCHMAN, R. Synthesis of a proposed growth hormone releasing factor. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 45, n. 1, p. 235-239, 1971. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0006291X7190074X>.

primeiras referências sejam citados. Ao total são três gerações, a primeira rodada consiste na passagem da 1^a geração para 2^a geração que é a escrita, o artigo produzido a partir das primeiras referências, após a escrita, o texto precisa alcançar a última rodada, a 3^a geração onde “tudo que um texto fizer com a literatura anterior será feito a ele pela literatura posterior”, portanto, o texto para se tornar científico precisa ser tomado como referência por textos posteriores, e isso pode ocorrer num período de 2 a 5 anos (Latour, 2011).

Assim, o texto ganha *status* de científico quando se torna referência em textos posteriores, quando alcança a 3^a geração e é utilizado para fechar as caixas-pretas, onde os artigos ulteriores o tomam como fato e o converte em uma sentença que no final não terá nenhum vestígio de autoria/tempo/espaço, como se “o que ela expressa poderia ser conhecido há séculos ou baixado por Deus juntamente com os 10 mandamentos” (Latour, 2011, p. 32).

Foi o que aconteceu com o GHRH, que com o fim das controvérsias pelas mãos³⁸ de Guillemin tornou-se GRF (Fator hipotalâmico liberador do hormônio do crescimento), arregimentando aliados ulteriores na literatura sobre o controle do hormônio de crescimento, tornando-se no final, uma oração única sem autoria.

No estudo da passagem de fato para ficção do GHRH, Latour (2011) recorre a análise cirométrica do Índice de citações em ciência produzido pelo *Institute for Scientific Information* da Filadélfia, já em minha pesquisa sobre as associações envolvendo a utilização da RA na educação química, utilizei o banco de dados da *Web of Science* (WoS), uma base de referências bibliográficas, que por meio da indexação de revistas científicas, fornece informações e indicadores da produção científica, constituindo assim um espaço que auxilia os pesquisadores na busca de periódicos e trabalhos de qualidade.

A escolha pela WoS decorre por ser uma plataforma de pesquisa multidisciplinar, cujo a base são as áreas de conhecimento das

³⁸ A expressão “pelas mãos” carrega o movimento que Guillemin realizou para tornar o GHRH uma ficção, por meio de todas as ações da produção de um fato na perspectiva latouriana. Portanto, não foi um trabalho isolado realizado por Guillemin, mas pela rede de aliados que culminou com mudança de *status* de nome do GHRH.

ciências, artes e humanidades, sendo indexados os periódicos mais citados de suas respectivas áreas. Além disso, a WoS disponibiliza informações analíticas mais detalhadas, como por exemplo, palavras-chaves, referências citadas, tipo de publicação; também apresenta mais opções de formatos de exportação de dados que facilita a análise dos dados por aplicativos/software/programas, como Excel e o VOSViewer, por exemplo.

Com relação a área do conhecimento, este trabalho, inclina-se as áreas das ciências e das educações químicas, e aqui vale pontuar que das diversas áreas que Latour estuda ele não se debruça, especificamente, sobre o campo das educações. São os próprios educadores que estabelecem algumas articulações, e para Rezzadori e Oliveira (2018) as articulações realizadas por educadores químicos ainda são poucas, e por isso defendem a possibilidade de articulação entre o pensamento latouriano e o campo da educação química, e tal influência recai na escrita desta tese.

Rezzadori e Oliveira (2018) ao defenderem uma nova forma de olhar para a pesquisa no campo da educação química nos convidam a multiplicar/matizar a gama de olhares e abordagens investigativas dentro da produção da ciência, iniciando pelo estranhamento com divisão moderna entre humano e não humanos, em que é conferido ao humano a liberdade e autonomia e aos não humanos o papel de governados, de meros intermediários à mercê da nossa vontade (Rezzadori; Oliveira 2018). Em outras palavras, numa pesquisa que utiliza das ideias de Latour defende-se a existência de conexões simétricas entre humanos e não humanos, e essa simetria é estabelecida na minha metodologia ao assumir que os dados foram coletados não na internet, mas sim *com* a internet utilizando as palavras-chaves "*Augmented reality*" AND ("*Chemical Education*" OR "*chemistry teaching*")³⁹ na plataforma de busca da *Web of Science*, ou seja, a *web* faz parte da pesquisa, é o espaço-rede.

O entendimento acerca do espaço-rede perpassa alguns conceitos que Lemos (2013a), influenciado por Latour, nos ajuda a entender, começando pela rede, que segundo o autor é produzido pela associação ou

³⁹ Não é segredo que a maior parte da produção acadêmica está escrita em inglês, e esse foi o motivo de utilizar a sintaxe de busca nesse idioma.

composição de humano e não humanos, a rede “não é algo que conecta, mas o que é gerado pelas associações” (Lemos, 2013a, p. 53), é mobilidade, algo pulsante que se forma e se desenforma pela dinâmica das relações.

Diante da importância de olhar para as relações, o espaço também pode ser entendido na acepção relacional, de uma rede que é produzida nas relações entre coisas historicamente constituídas, para Lemos (2013a, p. 53) “o espaço é uma rede de lugares e objetos que vai se formando pelas dinâmicas desses últimos”, portanto, o espaço é um espaço-rede dinâmico e infinito que se configura nas dinâmicas das associações, não onde as coisas estão, mas nos movimentos de construção. Por exemplo, na construção de uma cidade, criamos ruas, praças, monumentos, prédios, assim quanto mais lugares/objetos são criados mais “espaçamentos” são criados pelas relações (Lemos, 2013a), maior será o espaço-rede.

O espaço, para além da infraestrutura, pode ser entendido como uma rede de dinâmica móvel, constituída pelos movimentos associativos de atores humanos e não humanos, como o ciberespaço, um espaço-rede em formação permanente, um espaçamento, que nas palavras de Lemos (2003a, p. 57) é “produzido por lugares, coisas, pessoas e objetos conectados ao redor do planeta [...]. A internet vai produzindo espacialização na relação dos lugares e nas movimentações pelas conexões de tudo e todos”, a internet e o ciberespaço como meios heterogêneos e transfronteiriços (Lévy, 2015).

As associações estabelecidas entre humanos e não humanos no espaço-rede são emergentes e podem, por contingência, se manter (Lemos, 2013a), portanto, não há uma essência, o que existem são conjuntos mais ou menos estáveis que se interpenetram e constituem as associações, movimentos de conexão e desconexão que se estabelecem segundo Lemos (2013a, p. 32) por três condições móveis: “1. Não sabemos exatamente a fonte original da ação; 2. Não sabemos exatamente a direção do vetor da ação e 3. O valor e a qualidade da associação estão sempre a se construir.”

Desta forma, a questão não está na substância, mas na subsistência das coisas, nos movimentos de alteração na busca da sua manutenção. Nesta perspectiva, a existência, por exemplo, do DNA, do GRF

não é dada pela natureza, mas pelo processo de articulação da sua rede, neste sentido, ao seguir os cientistas mundo a fora Latour (2011, 2017) e Latour e Woolgar (1997) estão interessados em estudar a produção dos fatos científicos pela formação das redes, pelas associações dos humanos e não humanos, e uma das formas de rastrear essas associações está no estudo da produção textual dos cientistas, que envolve o processo mediação, em que o cientista escreve um artigo para, entre outras ações, traduzir o que um dispositivo experimental⁴⁰ que dizer.

Portanto, a literatura pode ser uma forma de investigar as práticas científicas, as produções de verdades, de conhecimento, o uso de um método laboratorial, o uso de uma tecnologia, de uma metodologia educacional, que para dentro da minha pesquisa, a tentativa de identificar os atores presentes na produção textual envolvendo a educação química e a tecnologia RA, e a descrição de suas associações, mobilizando aliados para o uso da RA pelos professores de química.

Iniciei o estudo da produção textual pelo portal de periódicos da CAPES, no qual realizei o login como estudante da UEL pelo espaço da Comunidade Acadêmica Confederada (CAFe). Em seguida, no campo acervo selecionei busca por bases, onde a base escolhida foi a coleção principal da WoS. Depois que fui direcionado para a plataforma da base digitei no campo da pesquisa as palavras-chaves "*Augmented reality*" AND ("*Chemical Education*" OR "*chemistry teaching*"). A busca resultou em 40 artigos, meu *corpus* que segundo (Venturini *et al.*, 2018, p. 6) "é um conjunto de inscrições ou vestígios que passaram pelo processo de seleção, limpeza e refinamento necessário para prepará-los para análise científica", que foram codificados seguindo a disposição do resultado da busca, por exemplo, o ART01, recebeu esse código, pois foi o primeiro artigo da lista dos resultados da plataforma da WoS, e assim sucessivamente até o ART40, conforme indica o Quadro 1.

⁴⁰ Como dispositivos experimentais podemos exemplificar a bomba de ar de Boyle, o computador Eclipse MV/8000 de John Whittaker, o telescópio de Galileu. O dispositivo experimental na visão de Latour (2011) tem a função mediadora, de transformação, já que operam deslocamentos, desvios, traduções, enfim, transformam os atores que estão implicados na prática experimental.

Quadro 1 - A produção científica envolvendo a RA e a educação química⁴¹.

Código	Título
ART01	Development and implementation of educational resources in chemistry with elements of augmented reality
ART02	Augmented Reality in chemistry education - an overview
ART03	Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D
ART04	Augmented Chemical Reactions: 3D Interaction Methods for Chemistry
ART05	Analysis of Social Interaction and Behavior Patterns in the Process of Online to Offline Lesson Study: A Case Study of Chemistry Teaching Design based on Augmented Reality
ART06	Mobile Augmented Reality Laboratory for Learning Acid-Base Titration
ART07	eS ² MART Teaching and learning material in chemistry: Enhancing spatial skills thru augmented reality technology
ART08	Structural Chemistry 2.0: Combining Augmented Reality and 3D Online Models
ART09	Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App
ART10	Developing and Demonstrating an Augmented Reality Colorimetric Titration Tool
ART11	Use of Augmented Reality in the Instruction of Analytical Instrumentation Design
ART12	Application of Augmented Reality (AR) media on conformation of alkanes and cycloalkanes concepts to improve student's spatial ability
ART13	Interacting with Three-Dimensional Molecular Structures Using an Augmented Reality Mobile App
ART14	Usability Testing and the Development of an Augmented Reality Application for Laboratory Learning
ART15	BiochemAR: An Augmented Reality Educational Tool for Teaching Macromolecular Structure and Function
ART16	Creating Augmented Reality USDZ Files to Visualize 3D Objects on Student Phones in the Classroom
ART17	Developing a Simple and Cost-Effective Markerless Augmented Reality Tool for Chemistry Education
ART18	A Simple and Practical Method for Incorporating Augmented Reality into the Classroom and Laboratory
ART19	Increasing Enthusiasm and Enhancing Learning for Biochemistry-Laboratory Safety with an Augmented-Reality Program
ART20	Fast, Simple, Student Generated Augmented Reality Approach for Protein Visualization in the Classroom and Home Study
ART21	Library of 3D Visual Teaching Tools for the Chemistry Classroom Accessible via Sketchfab and Viewable in Augmented Reality
ART22	Developing an Augmented Reality Application in an Undergraduate DNA Precipitation Experiment to Link Macroscopic and Submicroscopic Levels of Chemistry
ART23	Using Augmented Reality to Stimulate Students and Diffuse Escape Game Activities to Larger Audiences
ART24	Developing and Using BioSIM(AR), an Augmented Reality Program to Visualize and Learn about Chemical Structures in a Virtual Environment on Any Internet-Connected Device
ART25	Using Augmented Reality as a Powerful and Innovative Technology to

⁴¹ A referência bibliográfica de cada artigo está disponível no Apêndice A.

	Increase Enthusiasm and Enhance Student Learning in Higher Education Chemistry Courses
ART26	Imparting Materials Science Knowledge in the Field of the Crystal Structure of Metals in Times of Online Teaching: A Novel Online Laboratory Teaching Concept with an Augmented Reality Application
ART27	Evaluation of Augmented Reality Application Usage and Measuring Students' Attitudes toward Instrumentation
ART28	MoleculARweb: A Web Site for Chemistry and Structural Biology Education through Interactive Augmented Reality out of the Box in Commodity Devices
ART29	The Genetic Code Kit: An Open-Source Cell-Free Platform for Biochemical and Biotechnology Education
ART30	Gaussian-2-Blender: An Open-Source Program for Conversion of Computational Chemistry Structure Files to 3D Rendering and Printing File Formats
ART31	Digitising Teaching and Learning - Additional Perspectives for Chemistry Education
ART32	VR in chemistry, a review of scientific research on advanced atomic/molecular visualization
ART33	Maximizing Student Engagement Outside the Classroom with Organic Synthesis Videos
ART34	Click, Zoom, Explore: Interactive 3D (i-3D) Figures in Standard Teaching Materials (PDFs)
ART35	Development and Evaluation of the H NMR MoleculAR Application
ART36	Discovering the Chemical Elements in Food
ART37	CHIMACTIV: An Open-Access Website for Student-Centered Learning in Analytical Chemistry
ART38	Social and Tactile Mixed Reality Increases Student Engagement in Undergraduate Lab Activities
ART39	Bug Off Pain: An Educational Virtual Reality Game on Spider Venoms and Chronic Pain for Public Engagement
ART40	Attempts, Successes, and Failures of Distance Learning in the Time of COVID-19

Fonte: Plataforma da Web of Science; próprio autor (2022).

Os artigos presentes neste estudo são entendidos como documentos inscritores, pois muito mais que um amontoado de palavras, os documentos são “provas materiais” da produção de verdades criados por uma rede de humanos e não humanos (Latour; Woolgar, 1997), como por exemplo, o dicionário, um documento inscrito composto por uma rede de técnicos, costumes, linguistas, etimólogos, tinta, máquinas impressoras, normas gramaticais, etc (Méllo, 2016).

Entre as práticas científicas, a escrita dos artigos ganha destaque em Latour (2011), que nos apresenta um estudo bibliográfico da invenção do hormônio de crescimento GRF, apontando as referências anteriores e as citações posteriores, e inspirado neste estudo bibliográfico,

utilizei o *VOSViewer*, que é um programa de produção de redes bibliográficas construídas pela técnica de visualização por semelhança (Eck; Waltman, 2012), para investigar a produção das verdades envolvendo a RA e educação química nos 40 artigos, por meio da representação de redes de coocorrência de palavras chaves e de acoplamento bibliográfico produzidas pelas associações de diversos atores: a revista onde foram publicados, os autores, as referências citadas, os aplicativos de RA, os testes de usabilidade dos aplicativos, as teorias de aprendizagem, as habilidades espaciais adquiridas, etc.; além de inscrições como gráficos, tabelas, cálculos, projeções de átomos/moléculas/equipamentos de laboratório, depoimentos de ganho de aprendizagem que adquirem valor de argumento (Latour; Woolgar, 1997).

Voltando ao meu objetivo de identificar os atores, e descrever suas associações na produção de verdades em torno do uso da RA nas aulas de química, não posso deixar de mencionar o que Cardoso e Santaella (2021) chamam de plano latouriano, onde a *mediação* ganha destaque, para aqueles que escolhemos descrever a produção dos fatos/verdades científicas pela complementaridade da dimensão moderna com a dimensão não moderna⁴².

Especialistas em Latour consideram a mediação um conceito relevante para a construção do pensamento latouriano, um feixe aglutinador dos outros conceitos. Mediação é o ‘fazer fazer’, o curso da ação em rede, é o agenciamento dos atores no coletivo em ação, é, portanto, o hífen de ator-rede (Cardoso; Santaella, 2021).

O conceito de mediação perpassa por diversas obras latourianas, e isso torna seu conceito muito amplo e cheio de indeterminações e desdobramentos, e para compreendê-lo melhor Latour (2017) propõe quatro significados complementares e interligados: *tradução, composição, reversibilidade e delegação* (Cardoso, 2015; Cardoso, Santaella, 2021; Mallmann, 2010; Mallmann; Catapan, 2010). Estes conceitos são

⁴² O processo de complementaridade da dimensão moderna pela dimensão não moderna é discutido mais amplamente no capítulo 5, mas pontuando de forma geral, a dimensão moderna é o processo que Latour (2011) chama de purificação (eixo horizontal) que coloca em polos opostos sociedade e natureza na tentativa de discutir a produção da ciência, já a dimensão não moderna (mediação) adiciona o eixo vertical das traduções, possibilitando o mapeamento dos híbridos, das misturas.

importantes, pois ajudam na descrição das associações envolvendo os humanos e não humanos que produzem a rede.

No pensamento latouriano, tradução ou translação (Latour, 2017) não se trata da conversão de um código em outro, mas sim o “deslocamento, deslize, invenção, mediação, a criação de uma conexão que não existia antes e que em algum grau modifica os dois elementos ou agentes” (Latour, 1994, p. 32). Neste sentido, tradução é a reconfiguração, alteração nos programas de ação dos atores, Latour (1994, p. 32) diz que “quando um ator é modificado, há um deslize”, pois ocorre um deslocamento nas operações de vinculação deste ator (Cardoso, 2015). Por exemplo, um homem com uma arma na mão não é mais o mesmo, e a arma na mão do homem é bastante diferente da arma na gaveta (Latour, 2017). Quem é o ator? A resposta é “outra criatura [um híbrido] (uma arma-cidadão ou um cidadão-arma.” (*ibidem*⁴³, p. 213, acréscimo meu).

O mecanismo de *composição* é uma espécie de “sociologia das associações” (Latour, 2012, p. 160), é um desdobramento da tradução, em que um ator humano se associa a outro não humano, potencializando a ação. Neste sentido, ambos tornam “a ação uma das propriedades das entidades associadas [...]. A ação não é uma propriedade de humanos, mas de uma associação de atuantes” (Latour, 2017, p. 216). Um ator pode receber papéis ‘atoriais’ provisórios de outros atores, e isso produz novas possibilidades, novos objetivos, novas funções, ou seja, esse atuante foi autorizado, habilitado pelos outros.

O terceiro aspecto da mediação é chamado por Cardoso (2015) de *reversibilidade*, por Mallmann (2010) e Mallmann e Catapan (2010) de *obscurecimento reversível* e por Latour (2017) de *obscurecimento*. Apesar dos nomes serem diferentes, seus conceitos convergem, ambos são sinônimos de caixa-preta, porque o obscurecimento está relacionado com a ideia da opacidade do processo de produção conjunta dos atores e artefatos, da imprevisibilidade de identificar o mediador e o intermediário na ação, sendo que, muitas das vezes não conseguimos sequer, perceber os não humanos.

⁴³ Apesar da ABNT sugerir o uso da expressão *ibidem* (mesma obra) para representar referências em nota de rodapé, prefiro utilizá-la como Rezzadori (2017) no corpo do texto para evitar a repetição de informações.

Para exemplificar, pensemos em uma videoconferência, onde, professores e estudantes realizam suas interações sem priorizarem suas compreensões em relação aos artefatos tecnológicos envolvidos. Entretanto, quando esses artefatos param de funcionar, acabam provocando desequilíbrios, pois desestabilizam as situações confortáveis de comunicação, e tornam-se então alvo de interesse (Mallmann; Catapan, 2010). O projetor multimídia que tinha sua função muito bem estabelecida, deixa de ser uma única peça e passa a ter muitas, inclusive especialistas para tentar concertá-las, seja a lente, a lâmpada, os circuitos elétricos, assim, ele passa de intermediário⁴⁴ para mediador⁴⁵, pois agora mobilizou um grupo de pessoas a sua volta para tentar resolver o defeito, ou seja, a crise nos lembra da existência desses artefatos (Latour, 2017).

Delegação é considerado por Latour (2017) o significado mais importante de mediação, é para Rezzadori (2017, p. 156) “um tipo de deslocamento que se estrutura processualmente como uma coleção dos outros três”. A autora defende que na delegação consideraram-se simétricos os humanos e não humanos na produção da ação, “eles tornam-se equânimes e cúmplices na geração de agenciamentos e performatividades” (*ibidem*, p. 158), “sem não humano, nada de humano” (Latour, 2004, p. 163).

Mallmann e Catapan (2010) exemplificam a delegação pelo uso do radar eletrônico de velocidade, ele interfere imediatamente na ação dos motoristas ao obrigá-los a diminuir a velocidade, caso não queiram ser multados. Este mediador não-humano traz consigo a equipe de engenheiros que o projetou, uma legislação que estabeleceu o limite da velocidade máxima permitida pela legislação, contempla a ausência de um guarda controlando a velocidade, e substitui outros artefatos tecnológicos, como os semáforos.

⁴⁴ No léxico de Latour (2012) um intermediário é aquilo que carrega significados, sem modificá-los, podendo segundo Cardoso e Santaella (2021) funcionar como uma caixa-preta, dispositivo estabilizado na sua capacidade de agenciar de um modo esperado, se refere a uma entidade transportadora fiel de um dado.

⁴⁵ Enquanto o intermediário apenas carrega significados, sem modificá-los, ou seja, atua na conservação da ação, o mediador modifica o curso de ação, é o que faz ou outros fizerem. Volto a falar dos mediadores no capítulo 5.

A partir desses significados de mediação latouriana, posso dizer que tudo acontece nas associações, nas alianças. Neste sentido, não é possível definir atribuições *a priori*, pois humanos e não humanos produzem efeitos no mundo, e para dentro do ambiente escolar as mídias, os modelos ... atômicos, os laboratórios virtuais, as reações químicas, os aplicativos de RA, os simuladores, podem se tornar intermediários ou mediadores, dependendo das associações que estabelecem, pois são justamente elas que os definem (Rezzadori, 2017).

3 VOCÊ ACREDITA NA REALIDADE... AUMENTADA?

A pergunta 'Você acredita na realidade?' foi feita por um colega de Latour em um *resort* em Teresópolis no Brasil. Tal indagação foi utilizada por Latour (2017) para iniciar as discussões em torno das práticas científicas, da fabricação dos fatos científicos, das imbricações entre os humanos e não humanos, como Pasteur e os micróbios, por exemplo. Neste capítulo, tomo posse dessa pergunta e a modifico para 'Você acredita na realidade... aumentada?' para tratar do real e o virtual dentro da definição de Realidade aumentada, e por fim discuto a escolha em utilizar educação química e destaco alguns apontamentos de autores dessa área que estudam a RA.

3.1 A “VERDADE” SOBRE A REALIDADE AUMENTADA

Responder sobre a existência da realidade perpassa diversos campos como das ciências, da linguagem, da própria educação com suas teorias de aprendizagem e de currículo, Silva (2003) nos diz que, não se tem uma teoria de currículo, mas sim um discurso sobre o currículo, em outras palavras, não existe um currículo a ser descoberto, ou um currículo “real”, temos “um discurso que produz seu próprio objeto: a existência do objeto é inseparável da trama linguística que supostamente o descreve” (Silva, 2003, p. 12). O autor pontua ainda que “a “teoria” está envolvida num processo circular: ela descreve como uma descoberta algo que ela própria criou” (p. 12), é o que acontece com os micróbios de Pasteur; se alguém perguntar se “os micróbios existiam antes de Pasteur?”, provavelmente a resposta rápida seria sim! Eles existiam antes de Pasteur. Ora, o ácido láctico não existe desde o neolítico, nas cabaças dos *Homo sapiens*? (Latour, 1995).

Diante da pergunta sobre a existência dos micróbios, Latour (1995) propõe olharmos para as práticas científicas pela reciprocidade no acontecimento, uma simetria entre os humanos e não humanos, ou seja, partilhar o acontecimento entre Pasteur e o ácido láctico.

Não apenas o fermento ‘chega a’ Pasteur – transformando este honrado químico provinciano em um mestre da microbiologia

mundial -, como Pasteur ‘chega ao’ fermento do ácido láctico – transformando esta fermentação por contato na cultura de um fermento que se alimenta de açúcar (Latour, 1995, p. 13).

Na história das ciências, Pasteur se consagra como cientista, e o fermento torna-se protagonista nas operações químicas, passando de um subproduto, uma massa cinzenta/desforme, ou até mesmo uma impureza, que a comunidade científica do século XIX ignorava, para um ator⁴⁶ não humano que produz modificações na sociedade e nos próprios cientistas.

O existir do levedo/Pasteur, passa por algumas ações apontadas por Latour (2017): a primeira envolvendo o procedimento experimental, que inclui as interferências, a segunda que envolve os materiais como os tubos de ensaio e os assistentes do laboratório, e a ação mais importante, o elemento primordial da cena da transformação do acontecimento experimental em fato científico, a defesa/argumentação da nova tese frente aos colegas. Segundo Latour o sucesso dessas três etapas/ações consagra um *experimento*, e então temos a produção de um fato, de um novo Pasteur e de um novo fermento, portanto a ciência, a realidade é produzida, fabricada, e essa produção será mais confiável quanto mais associações e atores (cientistas, artigos, tubos de ensaio, átomos, agências financeiras) são mobilizados na formação da rede.

Retornando à pergunta: “os micróbios existiam antes de Pasteur?”, para Latour não, ao menos não na mesma maneira, isso quer dizer que, “não significa que entidades tais como Pasteur, as bactérias ou a Academia não existam antes do evento, mas que elas não existem do mesmo modo, como actantes; o evento (experimento) as transforma umas em relação às outras, há um antes e um depois” (Estevam; Sansi, 2018, p. 241). Neste sentido, os eventos não são descobertas de uma verdade, eles fazem acontecer à verdade, por meio das mobilizações/associações de aliados (Feres Aua, 2020).

Acreditando ou não na realidade, sabemos agora que ela é produzida, e a sua credibilidade está relacionada com a capacidade de

⁴⁶ No pensamento latouriano ator é tudo aquilo (humano e não humano) que gera uma ação, um ente dotado de agência, ou seja, que produz e modifica conteúdos. É ator que realiza conexões na rede, ele “faz-fazer”, ele pode ser um governante, um cientista, um laboratório, uma substância química, um fermento, um gráfico ou uma tabela.

mobilizar pessoas, e pensando em minha pesquisa, vale perguntar: De que forma a RA está mobilizando os professores de química?

A RA atravessou literalmente meu caminho antes mesmo da postagem de rede social que mencionei no capítulo 2, foi em uma das minhas idas ao campus da UEL quando cursava o mestrado (2015-2017). Na ocasião, estava junto com algumas colegas da turma, e ao passarmos em frente à Biblioteca Central (BC) nos deparamos com um grupo de pessoas que estavam na captura *Pokémons*⁴⁷. Naquela época eu não sabia que a RA era a tecnologia utilizada no jogo, e minha indagação foi: De onde esse pessoal tira tempo para ficar capturando os *Pokémons*? Sim, como pós-graduando em química⁴⁸ com projeto na área de ensino de química, naquele momento a RA não me interessou, mais alguns anos depois estou aqui capturado, não igual a um *Pokémon* no jogo *Pokémon GO*⁴⁹ preso em uma *pokébola*, mas como um humano interessado em investigar a rede em torno da RA e a produção cultural da educação química.

Provavelmente, assim como para mim, o jogo do *Pokémon GO* foi o responsável pela primeira experiência da RA das pessoas. Lançado em 2016 o jogo ganhou espaço na memória de celulares mundo afora; entretanto, vários pesquisadores (Azuma *et al.*, 2011; Ribeiro; Zorزال, 2011; Tori; Kirner; Siscoutto, 2006; Leite, 2020; Anami, 2013; Lemos, 2013b)

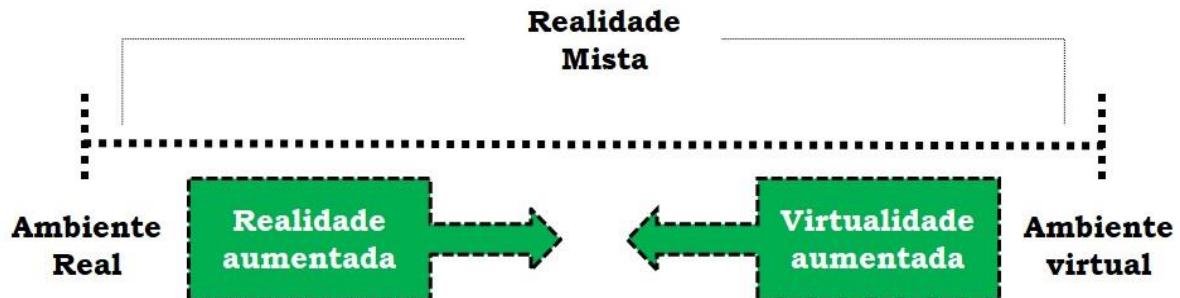
⁴⁷ São criaturas ficcionais que são capturadas pelos humanos e a pokébola. Essas criaturas são treinadas para lutarem entre si com golpes e poderes para vencer a batalha *Pokémon*.

⁴⁸ Em 2015, o programa de pós-graduação em química da UEL ofertou pela primeira vez a linha de pesquisa ensino de química e tecnologia educacional. Neste ano, fomos três ingressantes corajosos em realizar uma pesquisa de cunho qualitativo em um programa predominante quantitativo. Relatei essa dificuldade na ficha de atividades na seção Dificuldades encontradas no período, que foi encaminhada a coordenação do curso: “[...] a principal dificuldade encontrada foi a ausência de disciplinas que contemplassem a metodologia qualitativa na área de ensino, além disso, como o regulamento exige 8 créditos de disciplinas optativas e o mestrado oferta apenas 1 disciplina relacionada a área de educação, totalizando 4 créditos. Assim inserção de outras disciplinas nesta área do conhecimento se faz necessário”. Naquela época, além da falta de disciplinas direcionadas a área de ensino, ainda era obrigatório cursar duas disciplinas avançadas, na área dita dura da química (Analítica, Físico-química, Inorgânica e Orgânica), e como bolsista preocupado com a permanência da bolsa, as horas “vagas” estavam direcionadas aos estudos da química dos elementos do bloco d, cálculos de constante de equilíbrio de oxidorredução/precipitação/complexação, cálculo de pH, entre outros conteúdos.

⁴⁹ Aplicativo lançado em 06 de julho de 2016 nas lojas do iOS e Android, utiliza a tecnologia da RA para capturar *Pokémons* espalhados pelo fabricante que ficam visíveis para todos os que tenham o aplicativo baixado.

pontuam que a primeira⁵⁰ menção à RA foi realizada por Milgram e colaboradores em 1994, que apresentaram o conceito de *reality-virtuality continuum*, e a RA e a virtualidade aumentada estariam inseridas neste *continuum*, sendo a primeira mais próxima do mundo real e a segunda mais próxima do ambiente virtual, conforme indica a Figura 2.

Figura 2 - Representação da *reality-virtuality continuum*.



Fonte: Adaptado de Milgram *et al.* (1994).

A Figura 2 representa a ideia que é comumente atrelada a relação entre real e virtual, de oposição/divergência, entretanto Lévy (2011) rebate o conceito do virtual ser tomado como algo oposto ao real ou ao material. O virtual existe de fato, mas está desterritorializado. A desterritorialização é discutida por alguns autores a partir do nomadismo, por exemplo, para Deleuze e Guattari (1995) nós sempre transitamos de um território para o outro, movimentos de abandono de um para se fundir a outros, mas esse movimento não destrói/apaga os territórios abandonados.

Alinhado a isto, Attali (2003) diz que o nomadismo não é algo recente, o deslocamento é próprio da vida social, que atualmente tem entre as formas de deslocamento as redes cibernéticas, característico do nomadismo chamado por Attali (2003) de *virtuel*, que é composto por smartphones, GPS, notebooks, tablets, sendo o número de telefone celular e o e-mail para o autor, os primeiros “endereços não territoriais”. Seríamos então, o que Lemos (2009) chama de nômades virtuais que buscam novos territórios informacionais.

⁵⁰ Antes mesmo de 1994 já se utilizava a articulação entre mundo real e virtual segundo Furht (2011), Handbook da Realidade Aumentada, o primeiro registro dessa articulação aconteceu em 1962 com a invenção do simulador de motocicleta – Sensorama - pelo cineasta Morton Heilig.

Os nômades virtuais criam territorializações em meio a movimentos no espaço urbano. Os nômades possuem um território, eles seguem trajetos costumeiros, passando de ponto a ponto (por exemplo, uma fonte de água) e estes pontos só existem para serem abandonados. [...] Eles passam de ponto a ponto em busca não de água, caça ou lugares sagrados, mas lugares de conexão. Não precisam carregar seus pertences nas costas já que tudo o que precisam está virtualmente na rede (Lemos, 2009, p. 30-31).

Os nômades virtuais buscam os territórios informacionais, ou seja, lugares que possuem conexões que possibilitam movimentações para criação de novas territorializações com novos sentidos de lugar (Lemos, 2009), lugar este como as redes sociais, um espaço virtual onde diversas pessoas estão conectadas, consumindo, produzindo identidades, em um espaço que não tem materialidade, mas que não conseguimos negar sua existência. Portanto, o virtual modifica as relações que estabelecemos com o lugar, o espaço, a informação, o desejo, o consumo. O sentido filosófico o virtual existe em potência (Lévy, 2011).

Segundo Lévy (2010) o virtual possui alguns sentidos que vão do mais fraco para o mais forte, conforme indica o Quadro 2:

Quadro 2 - Os diferentes sentidos do virtual, do mais fraco para o mais forte.

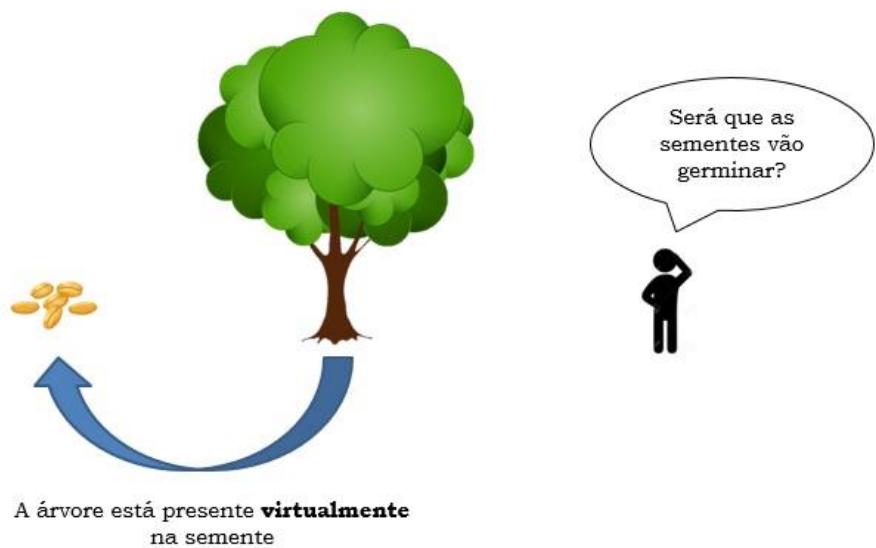
Sentido	Definição	Exemplos
Comum	Falso, ilusório, irreal, imaginário, possível.	A miragem, uma representação que parece estar presente, mas que não é realmente concretizada ou atualizada no mundo físico.
Filosófico	Existe em potência e não em ato, existe sem estar presente.	A árvore na semente (por oposição à atualidade de uma árvore que tenha crescido de fato). Uma palavra na língua (por oposição à atualidade de uma ocorrência de pronúncia ou interpretação).
Da possibilidade de cálculo computacional	Universo de possíveis calculáveis a partir de um modelo digital e de entradas fornecidas por um usuário	Conjunto das mensagens que podem ser emitidas respectivamente por: <ul style="list-style-type: none"> • Programas para edição de texto, desenho ou música; • Sistema de hipertexto; • Bancos de dados; • Sistemas especializados; • Simulações interativas etc.
Do dispositivo informacional	A mensagem é um espaço de interação por proximidade dentro do qual o explorador pode	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas dinâmicos de dados apresentando a informação em função do “ponto de vista”, da posição ou do histórico do

	controlar diretamente um representante de si mesmo.	explorador; • RPG em rede; • Videogames; • Simuladores de vôo; • Realidades virtuais etc.
Tecnológico estrito	Ilusão de interação sensório-motora com um modelo computacional	Uso de óculos estereoscópicos, <i>datagloves</i> para visitas a monumentos reconstituídos, treinamentos em cirurgias etc.

Fonte: Lévy (2010)

Lévy, ao propor esses diferentes sentidos para o virtual, se desloca do sentido comum, mais fraco, do ilusório para os sentidos mais fortes, como o filosófico da potência, e para exemplificar o virtual como potência, Lévy (2011) traz a árvore (Figura 3).

Figura 3 - O virtual como potência.



Fonte:
autor

(a)

(b)

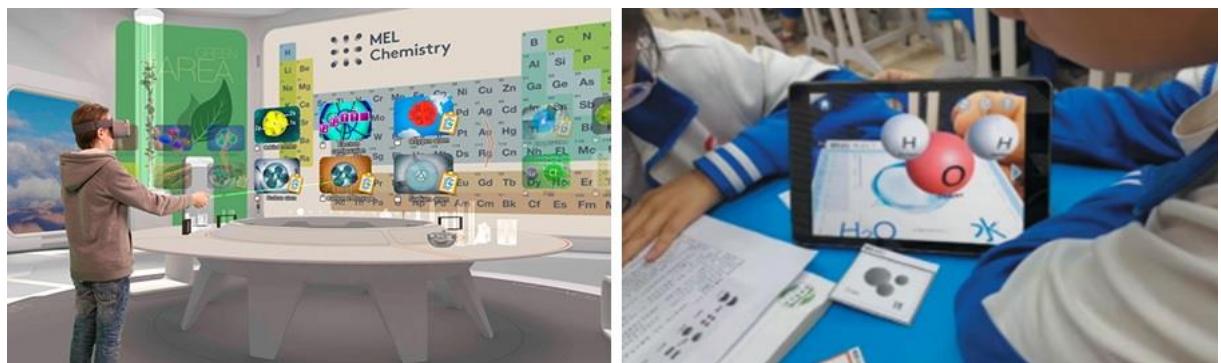
Próprio
(2022).

Na Figura 3-a podemos observar a situação da árvore virtualmente presente na semente, ou seja, o virtual existe em potência, e não em ato, é um complexo problemático (Será que as sementes vão germinar? (Figura 3-b)) em processo de resolução que Lévy (2011) chama de atualização. Portanto, “o virtual não se opõe ao real, mas sim ao atual” (Lévy,

2011, p. 16), desta forma, o virtual não substitui o real, mas sim multiplica as oportunidades de atualizá-lo.

Dentre as oportunidades de atualizar o real temos a Realidade Virtual (RV) e a RA, que segundo Ribeiro e Zorral (2011) são tecnologias de interface computacional que levam em conta o espaço tridimensional. A tecnologia de RV possibilita que o usuário interaja com um ambiente virtual em tempo real, de forma mais específica, Kirner e Tori (2006a, p. 7) definem RV como “uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a navegação e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multissensoriais”, ou seja, é necessário que o usuário utilize acessórios (óculos, por exemplo) para contemplar a experiência de imersão virtual, diferentemente da RA que adiciona ao físico objetos virtuais por meio, por exemplo, de dispositivos móveis, conforme indica a Figura 4.

Figura 4 - Comparativo entre RV (esquerda) e RA (direita).



Fonte: Chang (2017) e Zhang *et al.* (2021).

A RA, foco desta pesquisa, é considerada herdeira do desenvolvimento de simuladores e da RV, mas ao contrário desta última que busca proporcionar ao usuário uma “entrada” no mundo simulado, a RA “enriquece” informacionalmente o ambiente (Lemos, 2013b).

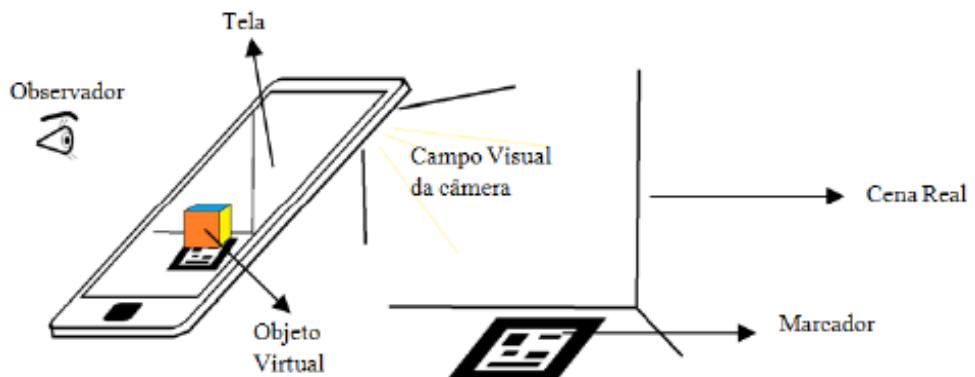
Segundo Kirner e Tori (2006b, p. 22-23) a RA apresenta diversas definições, como:

- é o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real.
- é um sistema que suplementa o mundo real com objetos

virtuais gerados por computador, parecendo coexistir no mesmo espaço.

De forma geral, o princípio básico da RA é criar, a partir de marcadores, integrações entre algo virtual e o mundo real por meio de imagens no formato tridimensional (3D). Para que essa união entre real e virtual aconteça é necessário um processo que envolve a captura da imagem no mundo real, que é a primeira etapa do processo, que segue para o reconhecimento da imagem a partir do posicionamento da câmera onde deverão ser projetados os modelos virtuais, depois na terceira etapa ocorre à geração dos objetos virtuais e na última etapa a integração do virtual com o real (YANG, 2011). O funcionamento da RA em um *smartphone* pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Funcionamento da Realidade Aumentada utilizando um *smartphone*.



Fonte: Macedo, Silva e Buriol (2016).

Como podemos observar, em todas as definições de RA os objetos virtuais desempenham o papel de “aumentar” a realidade, de complementar o real, onde o usuário tem a possibilidade de sobrepor objetos virtuais (imagens, animações, vídeos) a superfícies do “mundo real” (Tori, 2010).

Em divergência a estas definições, ou ao menos trazendo um outro olhar para elas, Lemos (2013b, p. 85) considera a RA como:

[...] um conjunto de dispositivos e serviços cuja ênfase está na

relação híbrida, local e informacional entre diversos agentes (humanos e não humanos). Nos sistemas de RA, informações digitais, por meio de redes telemáticas e bancos de dados, são indexadas à objetos do mundo real.

Lemos (2013b) apresenta, como exemplo de RA, as mídias locativas, que são serviços e tecnologias de localização, como redes de GPS, Wi-fi, 3G, telefones, tablets, que ao invés de “enriquecer” a realidade, na verdade “diminuem” a complexidade do real. As mídias locativas, por meio do processamento de informações vinculadas a movimentação do usuário, oferecem experiências informacionais do espaço e do tempo no meio urbano, assim, ao instituir uma relação específica entre homem e espaço urbano, as mídias locativas produzem narrativas que reduzem a complexidade do real, por exemplo, podemos acionar a localização no nosso celular para encontrar o caminho mais curto, podemos apontar a câmera do celular para um monumento e conferir as informações textuais ou visuais sobre ele, podemos ainda apontar a câmera para o céu para conferir a previsão meteorológica.

No que tange as relações híbridas, vários autores defendem que as distinções tradicionais (real e irreal; real e virtual; humano e não humano; fato e imaginação) que são usadas em nossa cultura para parametrizar ou proteger, estão caindo em cascatas como em um castelo de cartas de baralho (Bensaude-Vincent, 2013).

Para Baudrillard (1991) vivemos na era da simulação, em que o real é mais real que o real, a hiper-realidade, em que “toda a nossa realidade tornou-se experimental” (Baudrillard, 2002, p. 7) sustentada pela proliferação de simulacros, que são produtos da simulação, que é a imitação de uma operação ou processo existente no mundo no real. Segundo Baudrillard (1991), a simulação não tem *status* de verdadeiro ou falso, uma vez que vivemos em um mundo simulado e a realidade e a irrealidade se esvaem, o real e o ficcional ocupam o mesmo espaço.

Portanto, “a simulação já não é a simulação de um território, de um ser referencial, de uma substância. É a geração pelos modelos de um real sem origem nem realidade: hiper-real” (Baudrillard, 1991, p. 8).

Assim, para Baudrillard (1996, p. 96) o real moderno deixa de existir em si e passa a ser “aquel de que é possível dar uma reprodução

equivalente". Na pós-modernidade é impossível distinguir o real da representação.

Lenoir (1997b) parte do hiper-real de Baudrillard para discutir a virtualidade na ciência no caso das cirurgias virtuais. O pensador da tecnociência⁵¹ apresenta as redes de inscrições e de institutos materiais em torno das cirurgias mediatizadas, como a participação do Dr. Ian Hunter em simulações de intervenções cirúrgicas.

A rápida convergência entre a comunicação digital e as tecnologias de visualização e simulação transforma(ra)m nossos modos de trabalhar, e especificamente no trabalho de Lenoir (1997b), na constituição do sujeito na posição autor/cirurgião no contexto da realidade virtual na medicina. Consideremos a situação do médico Hunter realizando um procedimento cirúrgico no olho. Seu teatro cirúrgico foi realizado com acesso *on-line* de objetos virtuais disponíveis na rede de banco de dados do *National Institute of Health's Digital Human*, via canal de fibra óptica de 8 *gigabytes* por segundo. Ao invés de uma típica cena de uma sala de cirurgia, como a retratada na pintura⁵² do Dr. Samuel D Gross, Hunter é assistido por um grupo de cirurgiões em uma sala de cirurgia na qual se encontra presente virtualmente.

Assim, diferentemente da inscrição cirúrgica da osteomielite dirigida Dr. Gross, a participação de Hunter na cirurgia dos olhos, apresenta uma vasta infraestrutura tecnológica, uma rede que engloba não só os textos e práticas de Anatomia, Fisiologia e Patologia, mas também “campos discursivos tais como Biofísica, Computação e Animação Gráfica, Biorobótica, Engenharia Mecânica e Engenharia Biomédica” (Lenoir, 1997b, p. 77).

Diante de todos esses atores, é de se julgar o título de autor (dos artigos/das cirurgias) de Dr. Hunter, uma vez que ele está imbricado

[...] em uma rede de correntes de dados fluindo através de condutores de alta velocidade, governando a torrente de

⁵¹ Timothy Lenoir é chamado assim por Barcellos (1997). Lenoir, que esteve em Porto Alegre em 1997, ofertou um curso de extensão Tecnociência, o conceito da ciência nos novos espaços tecnológicos.

⁵² A pintura de autoria de Thomas Eakins é analisada por Lenoir (1997b).

pacotes de dados, um vasto arranjo de massivos processadores paralelos, sistemas complexos de pilhas de algoritmos, institutos materiais e padrões para sustentá-los (Lenoir, 1997b, p. 78).

Segundo Lenoir (1997b), nesta rede discursiva a função-cirurgião se dissolve em tecnologias de apercepção, diagnose, decisão, gesto mediados pelos computadores e pela “presença” de colegas hiper-reais programados por uma constelação de companhias de *software*. O “corpo material” da mesa do teatro cirúrgico de Dr. Gross, transforma-se em um “corpo informação”, corpo simulado, virtualmente presente no sistema telecirúrgico de Dr. Hunter. Nesta “mesa” cirúrgica tem-se um corpo produzido por um amplo conjunto multimodal de dados, solidificados por flutuantes pontos de cálculo, assim como Baudrillard sugere, “a manufatura do real se dá a partir de unidades miniaturizadas, matrizes, bancos de memória e modelos de comando” (Lenoir, 1997b, p. 85).

Destarte, a realidade virtual, é compreendida por Lenoir (1997b) como o resultado de um complexo alinhamento das áreas de computação gráfica, processamento de imagens, computação visual, design, modelagem geométrica; e tem chamado a atenção de cientistas e engenheiros no desenvolvimento do campo de visualização, para construção de abstrações visivelmente úteis, um estímulo poderoso para o uso de imagens na área científica, como na biologia molecular, com os gráficos moleculares de bandas espaciais, campos de força de Van Der Waals ou divisões espaciais plenas, produzindo uma “foto” mais realista da molécula do que sua própria imagem em um microscópio, ou seja, o gráfico molecular corporifica a teoria requerida para a leitura do modelo (Lenoir, 1997b).

O castelo de cartas do dualismo entre real e irreal/virtual/imaginação, também é assoprado/movimentado por Latour (2002), que problematiza as relações do real e da imaginação, ao ampliar o conceito moderno de fetiche.

Na modernidade fetiche é produto de uma crença, de práticas diferentes das científicas, assim os modernos herdeiros do iluminismo se instituem como anti-fetichistas, uma vez que os fatos, criados pela ciência moderna, se opõem aos fetiches, separando que é “real” e do que é

“imaginação”. Nesta perspectiva existiria uma natureza transcendente que precisaria ser desvelada/descoberta, entretanto Latour (2002) propõe o conceito de *fatiche*⁵³ (feitiço + fato) para argumentar que os humanos e não humanos são produzidos em uma rede de associações, assim o importante é investigar as condições pelos quais uns e outros vêm a existir, portanto, para Latour a natureza também é produzida em laboratórios, ou seja, não existem humanos puros nem natureza pura, mas híbridos.

Segundo Cardoso (2015), enquanto a epistemologia moderna não abre mão dos dualismos estanques, buscando o real por trás dos fenômenos, Latour opera com a noção de realidade construída a partir dos fenômenos e suas ações mediadoras.

Voltando a pergunta que iniciei essa seção, e que foi proferida a Latour pelo seu amigo psicólogo: ‘Você acredita na realidade?’ A resposta de Latour (2017) é simultaneamente sim e não.

A resposta positiva tem sentido irônico com a provocação: “Que pergunta! A realidade será acaso alguma coisa em que temos de acreditar? [...] Haverá na terra pessoas que não acreditam na realidade?” (Latour, 2017, p. 13). Já a resposta negativa, em Latour (2017), que confronta a explicação dada pela epistemologia iluminista para o problema do real, seria:

Não! Claro que não! Quem pensa que sou? Como eu iria acreditar que a realidade é a resposta a um problema de crença, apresentado por um cérebro extirpado, com medo de perder o contato com o mundo exterior porque tem mais medo ainda de ser invadido por um mundo social estigmatizado como não humano? (Latour, 2017, p. 28).

O cérebro extirpado, uma metáfora para o corpo dos cientistas que evitam as multidões, é “isolado de tudo o mais, lutando pela verdade absoluta sem, infelizmente, alcançá-la” (Latour, 2017, p. 27). Portanto, para Latour o real se apresenta como uma espécie de construção da realidade, ou melhor real-construção, uma vez que não devemos tomar partido diante da dicotomia entre real e constructo, ao invés de inimigos, fatos e constructos são complementares, são ao mesmo tempo fabricação e resistência, se

⁵³ O termo original é fe(i)tiche (faitiche), um trocadilho com as palavras francesas fait (fato) e fétiche (fetiche).

tornam reais pela estabilização de coletivos (Cardoso, 2015).

Assim, dentro do pensamento latouriano, a separação de real e virtual não faz sentido, uma vez que a realidade é produzida nas associações dos atores heterogêneos envolvidos na rede, assim, a imagem 3D do átomo que salta da tela do *smartphone* é o produto final das práticas científicas compostas por atores humanos e não humanos: os atomistas, o microscópio de tunelamento, a barra de ouro do experimento de Rutherford, o laboratório de Cavendish, as pesquisas divulgadas em revistas, os modelos atômicos presentes nos livros didáticos, tudo para produzir a “cara” do átomo.

3.2 QR-CODE QUÍMICO: UMA RESPOSTA RÁPIDA PARA O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO QUÍMICA

No início do texto da motivação, fiz a indagação sobre que professor nunca ouviu que precisava utilizar as tecnologias digitais em sala de aula? Mas, antes de abordar essa questão preciso abordar o entendimento por Educação Química, e adianto que Rezzadori (2017) já nos alerta que isso não é uma tarefa fácil, assim meu objetivo aqui é, primeiramente situar o entendimento por Educação Química e discutir o uso das tecnologias na educação.

Ao longo do texto da tese utilizei a palavra educação ao invés de ensino, e essa escolha vem em decorrência do sentido etimológico deste último, que estabelece uma relação hierárquica entre o ensinar e o aprender. O verbo ensinar vem do latim *insignare* que é a ação “de oferecer algo a alguém que não o possui, isto é, a ação de um polo ativo da relação que vem suprir uma carência do outro polo, geralmente pensado como passivo” (Castello; Mársico, 2007, p. 37). Assim, o processo educativo aqui carrega um posicionamento dos modernos de separação/purificação, de um lado o que ensina e do outro o que aprende, e a separação de polos ou das zonas ontológicas é amplamente criticada na obra de Latour.

Para passar ao largo das dicotomias criadas pelo discurso dos modernos sigo a sugestão de Rezzadori (2017) que considera mais coerente

utilizar o termo educação, que segundo Castello e Mársico (2007) tem sua origem na palavra latina *educere* que combina o prefixo *ex* de exterior/fora, com *ducere* do sentido de “fazer sair, tirar para fora e, por extensão, pôr no mundo” (p. 35), ou seja, educar está relacionada a ação de conduzir as pessoas para fora de si, para as diferenças que encontramos no mundo. Assim, a etimologia do educar remete para Rezzadori (2017) a necessidade da formação de associações entre humanos e não humanos, instauradas pelo movimento da tradução formando híbridos de natureza e cultura e produzindo a rede. Neste sentido, “o ensino é uma ação que transporta e informa; educação ou educa-ação, é uma ação coletiva que traduz actantes e transforma” (*ibidem*, p. 22).

Já a palavra Química, Rezzadori (2017) vai buscar em Bensaude-Vincent e Stengers (1992) e Afonso-Goldfard (2001) os significados. As primeiras relatam que não existe um consenso de que palavra Química deriva da palavra egípcia negro e outros defendem que ela vem do verbo grego *chéo*, que significa fundir um metal. Alonso-Goldfard (2001) estabelece relações entre esses significados, segundo a autora o negro está relacionado com a coloração das terras da civilização egípcia e também a alusão da coloração do processo de oxidação dos metais, que evidencia o trabalho prático dos artesões metalúrgicos das práticas mágicas e sagradas da arte do perfeito ou da busca do divino nas artes metalúrgicas de fundir metais.

Todas as raízes dessas palavras colocam em xeque a dimensão orgânica/natural e de descobrimento pela razão, pregada pela modernidade, percebemos que esses conceitos não foram descobertos, mas sim produzidos. Assim, na sociologia da mobilidade de Latour os conceitos de Educação e Química operam dentro de uma rede em que aliados são recrutados para colocar em funcionamento “um sistema de significados que são intersubjetivamente construídos enquanto cultura” (Castro, 2013, p. 13), tanto a palavra Educação quanto a palavra Química foram produzidas por meio de práticas heterogêneas, e as suas relações segundo Rezzadori (2017) foram estabelecidas por poderosas armas que aprisionaram a Educação dentro de um cientificismo e a Química numa pedagogia educacional.

No Brasil, os primeiros estudos da área de educação química datam de 1978 (Schnetzler; Aragão, 1995). Se hoje somos muitos, no período dos anos 80, não passávamos de 15 pesquisadores (Schnetzler; Antunes-Souza, 2018). Dados quantitativos sobre a participação de educadores químicos no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), demonstram o aumento de pessoas envolvidas com essa área. Segundo Soares, Mesquita e Rezende (2017), na primeira edição do ENEQ, acontecida 1982, foi registrada a participação de 253 pessoas, já na sua 18^a edição, em 2016, o número de participantes superou 2000 pessoas.

Além dos eventos⁵⁴ outras associações foram estabelecidas para o desenvolvimento da área, destaca-se para Schnetzler e Antunes-Souza, (2018) a criação da Divisão de Ensino de Química (DEQ) na Sociedade Brasileira de Química (SBQ) em 1988, o aumento expressivo de trabalhos na Seção de educação em reuniões da SBQ e da Revista Química Nova que culminando em 1995 com a criação da Revista Química Nova na Escola (QNEsc), além de diversos cursos de pós-graduação espalhados pelo país. Vale destacar ainda, que no ano de 2018 durante o XIX ENEQ foi criada oficialmente a Sociedade Brasileira de Ensino de Química⁵⁵ (SBEnQ) representando um coletivo de pessoas, instituições de diferentes níveis de ensino, envolvidas com o ensino e à pesquisa em Ensino de Química/Ciências no Brasil e na América Latina.

O envolvimento de humanos e não humanos (eventos, reuniões, revistas, programas de pós-graduação, financiamentos, professores, estudantes, instituições) produzem as associações que podem garantir a durabilidade daquilo que construíram, portanto assim como Rezzadori (2017), considero a Educação Química enquanto uma ação coletiva, não aquela promovida por forças sociais homogêneas, “mas, ao contrário, uma ação que arregimenta diversos tipos de forças unidas por

⁵⁴ O ENEQ é considerado o maior evento da área, entretanto a nível nacional temos o SIMPEQUI (Simpósio Brasileiro de Educação Química), e os regionais: EDEQ (Encontro de Debates sobre o Ensino de Química), ECODEQ (Encontro Centro-Oeste de Debates sobre o Ensino de Química), EVEQ (Evento de Educação em Química), EDUQUI (Encontro de Educação Química da Bahia), CPEQUI (Congresso Paranaense de Educação em Química) e o SMEQ (Simpósio Mineiro de Educação Química).

⁵⁵ <https://sbenq.org.br/>

serem diferentes” (Latour, 2012, p. 112). Portanto, as ações dos atores produzem uma Educação Química que “é uma consequência dos traços deixados por onde passa e dos efeitos produzidos e só pode ser tomada como axioma quando resiste à pressão de uma força e não pode mais ser mudada à vontade” (Rezzadori, 2017, p. 106), em outras palavras, as controvérsias já foram encerradas quando falamos que uma educação é química.

Esta educAção química⁵⁶ tornou-se uma área, uma disciplina, uma instituição, na ação que deve ser “encarada, antes, como um nó⁵⁷, uma ligadura, um conglomerado de muitos surpreendentes conjuntos de funções que só podem ser desemaranhados aos poucos” (Latour, 2012, p. 72). Logo, a rede da educação química fica visível graças as conexões realizadas pelos atores humanos e não humanos que deixam rastros, causam repercussões por meio do processo contínuo e descontínuo de traduções e negociações ocorridos nos níveis mais mundanos das atividades cotidianas (Rezzadori, 2017).

A educação química pensada a partir de Latour (2012) como um empreendimento de construção do mundo prático que liga entidades com outras entidades se assemelha ao movimento realizado pelas formigas, que na busca por sua sobrevivência, percorrem o caminho custoso para chegar as fontes de garnecimento guiadas vestígios deixados por seus pares. Segundo Rezzadori (2017) esse caminhar aleatório evidencia a necessidade de compreender a educação química a partir das trocas realizadas pelos atores das redes, das conexões heterogêneas que articulam pessoas, coisas e natureza em associações provisórias, um sistema em movimento de entidades que fazem agir, podendo ser o professor, o estudante, o quadro-negro, o laboratório, uma substância química, o currículo, o núcleo de educação, a cinética química, o computador, o *classroom*, o celular, o aplicativo de RA,... entre outros, atores que segundo Lemos (2013c) são mediadores que fazem as conexões e montam as redes neles mesmos e fora deles em associações com os outros.

⁵⁶ Rezzadori (2017) utiliza a escrita educAção química para enfatizar o interesse na ação dos atores na produção desta educação, uma vez que “essência é existência e existência é ação” (Latour, 1994, p. 33).

⁵⁷ Nô é o local de encontro dos atores.

Muitas justificativas para a incorporação das tecnologias digitais no campo educacional são dadas, como a de que a escola está obsoleta: “Vivemos na Escola do século 19, com professores do século 20 e alunos do século 21” (Leite, 2015, p. 34). Esta queda de braço também é encontrada entre leitura, escola e as tecnologias midiáticas, Canclini (2008) fala sobre o divórcio entre, de um lado, a escola e a leitura e do outro lado e as tecnologias midiáticas, estabelecido tanto no campo dos estudos sobre cultura quanto das comunicações. Entretanto, ao invés de alimentar essa visão antagônica entre escola e tecnologias, precisamos olhar para as relações entre os sujeitos, novas tecnologias e sociedade, para o que Canclini (2008, p. 33-34) chama de *convergência digital*, estabelecida pela articulação e integração multimídia, que nos “permite ver e ouvir, no celular, no *palm* ou no *iPhone*, áudio, imagens, textos escritos e transmissão de dados, tirar fotos e fazer vídeos, guardá-los, comunicar-se com outras pessoas e receber as novidades em um instante”.

Neste cenário, nos transformamos em leitores-espectadores-internautas imersos em uma cultura digital, que é entendida por Heinsfeld e Pischedola (2017) como aquela que se instaura com o entrosamento entre os sujeitos e as mídias de informação e comunicação, caracterizada pela forma veloz do acesso e produção dos conhecimentos, pela mobilidade e ubiquidade.

Tais características não eram encontradas na escola do século XVIII descrita por Kant, uma instituição moderna, inventada para atender um conjunto de demandas específicas.

Na educação o homem deve:

- 1) Ser *disciplinado*. Disciplinar quer dizer: procurar impedir que a animalidade prejudique o caráter humano, tanto no indivíduo como na sociedade. Portanto, a disciplina consiste em domar a selvageria.
- 2) Tornar-se *culto*. A cultura abrange a instrução e vários conhecimentos. A cultura é a criação da habilidade e essa é a posse de uma capacidade condizente com todos os fins que almejemos [...].
- 3) A educação deve também cuidar que o homem se torne *prudente*, que ele permaneça em seu lugar na sociedade e que seja querido e que tenha influência. A essa espécie de cultura pertence o que se chama propriamente civilidade. Esta requer certos modos corteses, gentileza e a prudência de nos ser-

virmos dos outros homens para os nossos fins [...].

4) Deve, por fim, cuidar da moralização [...] (Kant, 1999, p. 25-26).

A modernidade instaura a escola como o local responsável pela humanização do animal da nossa espécie, que tem como meta a de propiciar “o desenvolvimento da humanidade” de maneira cumulativa, uma instituição não só de adestramento, mas também da moralidade, de ensinar a pensar e agir conforme o modo considerado como correto. “A educação escolarizada foi colocada a serviço de uma modernidade que deveria se tornar a mais homogênea e a menos ambivalente possível” (Veiga-Neto, 2003a, p. 10).

Em um outro texto Veiga-Neto (2000) lança a pergunta-título: As crianças devem ir à escola? O autor inicia sua argumentação pontuando que, não concorda e não diverge do pensamento kantiano, até porque considera que Kant possivelmente foi a primeira pessoa a caracterizar formalmente a escola moderna, uma instituição de disciplinamento do espaço e do tempo do corpo infantil. Segundo o autor, a pergunta abre um leque de possibilidades de discussão, mas seu interesse está em problematizar a função disciplinadora da escola, principalmente nestes tempos pós-modernos, justamente, onde as próprias percepções de espaço e tempo estão em contínua mudanças (Veiga-Neto, 2000).

Diante das parafernálias eletrônicas e digitais de vigilância (câmeras, celulares, cartões bancários, redes sociais, entre outras) a escola perdeu sua função panóptica⁵⁸. Além disso, uma das principais características da pós-modernidade é a proliferação de situações em que somos interpelados por dispositivos, instituições e técnicas de informação, de subjetivação e de disciplinamento, e como resultado vivenciamos um empalidecimento da escola como instituição disciplinar (Veiga-Neto, 2000).

Neste sentido, Veiga-Neto (2000) sugere que precisamos pensar com mais clareza acerca das novas práticas espaço-temporais que somos submetidos, e às quais estamos submetendo nossos estudantes

⁵⁸ Panóptico foi criado por Bentham em 1785, que permite a um único vigilante observar todos os prisioneiros, sem que estes possam saber de fato, se estão ou não sendo observados.

dentro e fora da escola. Isto porque, com a desterritorialização do acesso e produção de conhecimentos, a cultura unificada e fundamentada na difusão e homogeneização dos valores ocidentais “toma a forma de novas identificações heterogêneas e adaptações localizadas, de hibridismos que sintetizam elementos de culturas múltiplas” (Heinsfeld; Pischetola, 2017, p. 1353), que atualmente são mediadas pelo digital. A cultura digital segundo as autoras é o marco cultural que envolve não só os artefatos digitais como também os diferentes sistemas de significação e comunicação da sociedade contemporânea.

Para Bortolazzo (2020, p. 374) “a cultura digital não se refere apenas às possibilidades da tecnologia digital, mas abrange outras formas de pensar e de realizar certas atividades incorporadas por essa tecnologia e que, por isso, permitem a sua existência”. Assim, falar de cultura digital é evocar um conjunto de elementos como a telefonia digital, as comunicações instantâneas, as videoconferências, as diversas formas midiáticas como a realidade aumentada, a televisão digital, os jogos de computador, o novo modelo de economia digital caracterizado pela assustadora vigilância algorítmica de dados realizada pelo que Lemos (2021) chama de “*Big Five*”⁵⁹. Ou seja, são essas e outras inúmeras relações econômicas e sociais, operadas por meio das tecnologias digitais, que permitem propor a existência de uma cultura digital (Bortolazzo, 2020).

Portanto, a cultura digital descreve certos modos de vida⁶⁰ permeados pelas tecnologias digitais, em que os sujeitos participam como produtores, consumidores, interferindo nas relações materiais e simbólicas. “Isso significa que as tecnologias digitais não só incitam as formas pelas quais o mundo é experimentado, habitado e vivenciado, mas produzem e são os próprios produtos da sociedade” (Bortolazzo, 2020, p. 375).

Numa perspectiva pós-estruturalista pensar a cultura digital e a educação implica desconstruir certas narrativas, como a de colocar educação e cultura digital em lados opostos. Bauman (2009) nos ajuda a

⁵⁹ Google, Amazon, Facebook, Apple e Microsoft.

⁶⁰ Modos de vidas alicerçados nas mídias sociais (BAUMAN, 2009) do compartilhamento de textos, vídeos, áudio ou fotografias; do uso de *emojis* e/ou *memes* para se comunicar; do fenômeno das *selfies* enquanto prática de exposição; da fixação pelas transmissões ao vivo/as *lives*; do armazenamento de dados na nuvem.

pensar a educação, na modernidade líquida⁶¹, com características da vida contemporânea: fluída, móvel, cambiante. Assim, a tarefa da escola moderna sólida de preparar para a vida, ganha outra roupagem, uma vez que a “bagagem de conhecimento” não mobiliza mais a sociedade que hoje está pautada no descarte, no conhecimento pronto para a utilização imediata, “como aquele oferecido pelos programas de *software* (atualizados cada vez mais rapidamente e, portanto, substituídos), que se mostra muito mais atraente do que aquele proposto por uma educação sólida e estruturada” (*ibidem*, p. 663).

A educação ordeira da formação de sujeitos centrados e unos dá lugar à uma educação flexível, fragmentada, múltipla, que lida com a velocidade, com as incertezas e as constantes atualizações. Este deslocamento contribui para matizar a ideia de lugares de aprendizagem, como defendido pelas *pedagogias culturais*, uma ferramenta teórica que emergiu das aproximações entre os EC e a educação, e que é acionada para discutir artefatos da cultura e processos educativos (Andrade; Costa, 2017), uma vez que “a educação ocorre numa variedade de locais que não somente a escola” (Steinberg, 1997, p.101).

Os aplicativos de RA, nesta perspectiva ganham forma de uma pedagogia cultural, uma vez que opera no sentido de colocar em circulação uma variada gama de representações culturais que nos ajudam ensinar/repetir/revisar/retomar o ensino de ciências neste mundo altamente tecnológico, e também por se constituir um artefato atrativo e competente, que coloca em movimento uma série de narrativas sedutoras da constituição mútua entre o desenvolvimento tecnológico e as mudanças culturais, assim na pós-modernidade as relações entre as tecnologias e os humanos destituíram os binarismos modernos entre humano/máquina, natural/artificial, biológico/tecnológico, real/ficção (Bicca; Wortmann, 2010,

⁶¹ Bauman (2013) utiliza a expressão modernidade líquida para designar o formato atual da condição moderna, que outros autores chamam de “pós-modernidade”, “modernidade tardia” ou “hipermodernidade”. O autor utiliza a mudança de estado físico da matéria como metáfora para diferenciar a modernidade sólida da modernidade líquida. Esta última está relacionada com a dissolução de tudo que é sólido, uma característica da forma de vida moderna líquida, “nenhuma das formas consecutivas de vida social é capaz de manter seu aspecto por muito tempo” (p. 11).

2013).

Na cultura digital, falamos de artefatos digitais, que possibilitam o acesso a milhões de informações a um simples toque na tela. A tecnologia dos *smartphones* têm movimentado nossas relações sociais desde o entretenimento, política, saúde, economia até a educação (química), onde os artefatos tecnológicos tem mobilizado muitos aliados, prova disso são as revistas, os eventos, os programas de pós-graduação que possuem linhas temáticas relacionadas às tecnologias, bem como a oferta de diversos recursos educacionais como a tabela periódica interativa⁶², simuladores⁶³, *podcasts*⁶⁴, *instagrams*⁶⁵, aplicativos de RA, entre tantos outros, que muitas vezes são tratados como solução de resposta rápida para a melhoria da aprendizagem em química.

O mecanismo de resposta rápida é um dos componentes para o funcionamento da tecnologia da RA, a maioria dos aplicativos utilizam marcadores com códigos de resposta rápida, os famosos QR-code⁶⁶, que estão presentes nos mais diversos lugares, como nos anúncios de produtos/ofertas na TV, nas chaves de acesso para sites, nos pagamentos de boletos, como acesso a informações de espaços turísticos (Gutierriz *et al.*, 2019; Lemos; Queiroz, 2012), para conhecer os prêmios Nobel de Química de 1901 a 2011 (Bonifácio, 2013), ou ainda os elementos químicos da tabela periódica em áudio codificado (Bonifácio, 2012).

Segundo Leite (2020) um dos primeiros estudos relacionando a RA e a educação química foi realizado por Chen (2006) que investigou as percepções de estudantes que interagiram com representação em RA e em modelos físicos no aprendizado de aminoácidos. Leite (2020) ainda realizou um levantamento sobre o uso de aplicativos de RA na educação química brasileira e descobriu que os aplicativos mais baixados no *Google Play* são aqueles relacionados com estrutura atômica, geometria molecular, ligações

⁶² <https://ptable.com/?lang=pt#Propriedades>

⁶³ <https://phet.colorado.edu/pt/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html,prototype>

⁶⁴ <https://www.quimicast.com.br/p%C3%A1gina-inicial>

⁶⁵ <https://guiadoestudante.abril.com.br/estudo/10-perfis-no-instagram-para-aprender-quimica/>

⁶⁶ Segundo Ferreira, Ribeiro e Cleophas (2018) o QR-code foi criado em 1994 pela empresa japonesa Denso-Wave e se disseminou rapidamente nos mais variados segmentos da sociedade desde a indústria até à educação.

químicas e a tabela periódica.

Grando e Cleophas (2021) também realizaram um levantamento sobre os aplicativos de RA em *smartphones* que poderiam, nas palavras deles, “incrementar o processo e construção de conhecimento dentro da Química” (p. 148), e obtiveram resultados parecidos, a diferença foi o aplicativo *QuimicAR*, que é um visualizador de moléculas e de reação de combustão. Os aplicativos encontrados pelos autores estão dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 - A temática química dos aplicativos de RA do estudo de Grando e Cleophas (2021).

Aplicativo de RA	Temática
Química 3D – CTI – UNESP	Solubilidade, propriedades periódicas, ligações químicas, físico-química e classificação de cadeias carbônicas.
<i>QuimicAR</i>	Reação de combustão do metano, estrutura atômica, moléculas, ligações químicas.
<i>RApp Chemistry</i>	Estrutura atômica, tabela periódica.
<i>Chemistry Simulator AR</i>	Ligações químicas.
<i>AR VR Molecules Editor</i>	Ligações químicas, geometria molecular, tabela periódica, elementos, átomos, moléculas.

Fonte: Próprio autor (2022).

Entre os aplicativos apresentados no Quadro 3, apenas o Química 3D foi desenvolvido na língua portuguesa, o *QuimicAR* e o *Rapp Chemistry* são em espanhol e o *Chemistry Simulator* e o *AR VR Molecules* editor foram desenvolvidos na língua inglesa, sendo este último o único com função paga.

Em relação a temática nota-se que a maioria dos *apps* aborda assuntos relacionados ao mundo atômico-molecular, que segundo Johnstone (1993) é o nível de compreensão do universo das entidades químicas submicroscópicas, como os átomos, íons e moléculas, conhecido também como mundo submicroscópico. Faraum Junior, Oliveira e Passos (2021) ao investigarem a produção acadêmica na revista Química Nova na Escola envolvendo a RA e o ensino de química, encontraram uma maior ocorrência do conteúdo químico relacionado ao mundo submicroscópico: o átomo, a estrutura atômica, os modelos atômicos, as ligações químicas, e essa preocupação envolvendo os processos de ensino(s) e aprendizagem(ns) do mundo submicroscópico, principalmente dos modelos atômicos é recorrente na comunidade da educação química (Chassot, 1996; Melo; Neto,

2013; Meloni; Viana, 2017; Mortimer, 1995; Romanelli, 1996).

No estudo de Leite (2018) que trata do uso de tecnologias digitais na educação para a próxima década, a RA aparece em primeiro lugar, seguida pelos dispositivos móveis e apps e a impressora/modelagem 3D, tais tecnologias, segundo o autor, são de conhecimento dos pesquisadores brasileiros, mas precisam ser mais utilizadas nas práticas docentes, principalmente pelos professores de química.

Para além da defesa do uso de tecnologias na educação química, desloco minha atenção para os atores e suas associações estabelecidas que envolvem a tecnologia RA e a educação química, questionando: Quais atores e associações estão presentes nos textos científicos da WoS, para arregimentar aliados ao uso da RA na educação química?

Para responder essa questão, voltarei aos documentos inscritores da plataforma da WoS no capítulo 5, na tentativa de descrever as associações estabelecidas para convencer os educadores químicos sobre o uso da RA.

4 A QUESTÃO DO INTERESSE

O substantivo interesse está presente nos diversos discursos das mais diversas áreas, como o da educação e da economia. Que professor não já ouviu ‘*você precisa despertar o interesse dos seus estudantes!*’, ou um comerciante ‘*seu produto precisa ser interessante para que as pessoas comprem*’, ou ainda ‘*sua propaganda tem que despertar o interesse dos consumidores*’. Todas essas falas trazem consigo o interesse no sentido de chamar a atenção, e no campo da sociologia da ciência em Latour a questão do interesse também assume um lugar de destaque, uma vez que o adjetivo ‘científico’ está atrelado ao coletivo a arregimentação de aliados para que a pesquisa se torne científica. Assim, nas próximas linhas discutirei a questão do interesse dentro das práticas dos cientistas.

4.1 O DESINTERESSE DE LATOUR PELA CIÉNCIA ACABADA

No início da minha participação no GECCE, todas as vezes em que ouvia falar de Latour pensava que o *filósofo-antropólogo-sociólogo-historiador das ciências*⁶⁷ era contra o trabalho dos cientistas. Entretanto a partir da minha participação em um curso⁶⁸ sobre a sua obra e das leituras mais aprofundadas de seus escritos, comecei a entender que Latour não nega as ciências, pelo contrário, ele admite a existência das práticas científicas, e nos alerta que precisamos olha-las de outra forma, deslocando da “produção” da Ciência pronta representada pela face esquerda de Jano, para as ciências *em ação* da face da direita desse mesmo deus romano, e para tanto, precisamos entrar pela porta do fundo do laboratório para acompanhar as discussões/negociações dos cientistas, e não pela porta

⁶⁷ Castro (2018) utiliza este termo representativo para Latour, uma vez que o autor não se enquadra em nenhuma disciplina específica, apesar de comumente ser chamado de filósofo. Ou nas palavras de Freire (2013) um sujeito que reúne traços de diferentes disciplinas.

⁶⁸ Esta tese não poderia ser escrita sem as contribuições produzidas nos nossos encontros virtuais do GECCE, mas preciso mencionar também o Curso internacional de formação teórica/metodológica para as pesquisas baseadas na teoria ator-rede (ANT) Actor-network Theory de Bruno Latour, ou simplesmente Bruno Latour no Sertão, coordenado pela professora Raquel Litterio de Bastos e promovido pela Escola Multicampi de Ciências Médicas do Rio Grande do Norte. Os encontros deste curso, realizados quinzenalmente aos sábados, me ofereceram *insights* para utilizar as teorizações latourianas na investigação sobre a RA e o educação química.

principal onde estão a nossa espera aqueles que preferem falar da solidez, do funcionamento, do desenvolvimento da ciência, dos seus contornos organizados do método e da racionalidade científica (Latour, 2011).

Na obra ‘A esperança de Pandora’, Latour (2017) esclarece que não é contra os cientistas: “o fato de estudarmos um assunto não significa que o estejamos atacando. Por um acaso os biólogos se opõem à vida, os astrônomos as estrelas, os imunologistas aos anticorpos?” (p.14). Sabemos que a resposta é não. Os estudiosos da ciência podem ser colocados em outra disciplina, mas não rotulados de “anticientistas”, isto porque os estudos sociais das ciências acrescentam realidade à ciência, redesenhando a figura do cientista centrado, neutro e racional dos pomposos quadros pendurados nas paredes dos departamentos/grandes laboratórios/museus, para um personagem vivo, que está imerso no laboratório rodeado de instrumentos que o ajuda a falar pelas substâncias, produzindo resultados que garantem o financiamento da pesquisa.

Em vez da pálida e exaurida objetividade da ciência, todos nós havíamos demostrado, a meu ver, que os muitos não humanos mesclados à nossa vida coletiva graças à prática laboratorial tinham história, flexibilidade, cultura, sangue [...]. Com efeito (pensava eu ingenuamente), os aliados mais fiéis dos cientistas somos nós, os “estudiosos da ciência”, que conseguimos ao longo dos anos atrair o interesse dos literatos para a ciência e a tecnologia (Latour, 2017, p. 15).

Em uma entrevista publicada pela revista Correio em foco, Latour (2017) comenta inclusive, sobre o perigo do avanço dos movimentos negacionistas que colocam em dúvida absoluta as ciências, as verdades científicas e as instituições que as produzem. Segundo ele, as ciências são um modo de produção de verdades, entendimentos, interpretações, sob um viés metodológico, aberto a críticas e atualizações, por isso que seu objetivo “não é produzir verdade indiscutíveis, mas discutíveis” (*ibidem*, s/p).

Entretanto, acrescentar realidade as práticas científicas não é uma ação vista com bons olhos por aqueles que escolhem o caminho que Stengers (2002) chama de veneração, dos cientistas que defendem a preservação da autonomia da comunidade científica frente ao ambiente político e social mais amplo. Segundo a autora, entre os guias do caminho

da veneração está o paradigma de Thomas Kuhn, que por sinal causa contentamento entre os cientistas, já que dentro do pensamento kuhntiano, o trabalho científico é justamente orientado por um paradigma, “um modelo prático e teórico a um só tempo, que se impõe a ele (cientista) pela força da evidência, em reação ao qual sua possibilidade de recuo é mínima” (*ibidem*, p. 12) que garante o progresso científico, pois “explica não somente a conquista cumulativa, mas também a invenção do novo” (*ibidem*, p. 14).

No entanto, esse progresso científico está relacionado com a autonomia da comunidade científica frente à sociedade em geral, que ao se beneficiar dos subprodutos da ciência não deve atacá-la. Nas palavras de Stengers (2002, p. 14) “não somente deixaremos de pedir explicações ao cientista quanto a sua escolha e suas prioridades de pesquisa, como é justo e normal que não as possa dar”. Portanto, os escritos de Kuhn estabelecem o que a autora chama de *diferenciação radical* entre a comunidade científica e o meio social, que são aqueles que devem se limitar a falar e não pedir explicações, por isso do caminho ser chamado de veneração, em que “o público, definido como não científico, é solicitado a fazer causa comum com os interesses da racionalidade científica” (*ibidem*, p. 20).

Um outro caminho que pode ser tomado para estudar as práticas científicas é o da denúncia, que Stengers também não prefere percorrer. Nele estão os sociólogos que denunciam a ciência ligada ao poder, à política, como qualquer outro projeto social, “nem mais deslocado das preocupações do mundo, nem mais universal ou racional do que qualquer outro” (Stengers, 2002, p. 11). Para os sociólogos, o cientista tornou-se ator, um agente ativo que tira partido dos recursos do ambiente para fazer prevalecer suas teses e “esconder” suas estratégias sob a máscara da objetividade, como exemplo Stengers (2002) apresenta o caso de Milgram⁶⁹,

⁶⁹ O experimento de Stanley Milgram realizado originalmente em 1962, na Universidade de Yale, consistia em levar sujeitos experimentais a aplicar (falsos) choques elétricos gradativos até o limite de 450 volts em supostos aprendizes inocentes, sob a falsa alegação de se verificar o efeito da punição sobre a aprendizagem. Tais sujeitos demonstraram um alto índice de submissão à autoridade do pesquisador ao obedecerem à ordem de provocar choques elétricos, com a voltagem máxima, em indivíduos inocentes. O link a seguir apresenta um vídeo como teste de Milgram: <https://www.youtube.com/watch?v=Y-NDk8HCi0>.

psicólogo que realizou uma experiência para mostrar que “em nome da ciência” pode-se fabricar torturadores, a ciência moderna recorrendo a uma pretensa autoridade dos *experts* que buscam por meio do discurso do progresso justificar seus atos e ações.

Ao investigar a produção da ciência Stengers (2002) não assume nem o caminho da veneração nem da denúncia, ela prefere o caminho da ciência que apresenta semelhanças com a política da busca por poder, por aliados para garantir sua autonomia e visibilidade, e da sua construção “singular” de se reinventar fazendo o uso sistemático e criativo de objetos e artefatos para criar a realidade de forma tão dinâmica que nenhum outro projeto humano faz, daí a sua singularidade, em outras palavras, a singularidade da ciência está justamente em inventar necessidades/interesses e produzir testemunhas para que ela seja considerada uma atividade social diferente das demais, como a medicina tradicional, que utiliza de enunciados produzidos em sua rede de aliados para deslegitimar a medicina alternativa, Stengers (2002 , p. 21) acredita que não foi a inovação médica que conferiu o *status* de ciência para a medicina, mas “a maneira pela qual diagnosticou o poder do charlatão e explicitou as razões para desqualificar esse poder”, o médico não quer se assemelhar ao charlatão e agarra-se as redes das restrições administrativas, industriais, profissionais tecidas por investimentos pesados – técnico e farmacêutico – da medicina “científica”, que solicita ao público que compartilhe de seus valores e resista à tentação de se curar pelas “máis razões”.

A produção das testemunhas fidedignas é apresentada por Latour (2011) no caso da Pandorina, um hormônio secretado pelo cérebro, que foi isolado e purificado no laboratório, um artefato que se tornou um fato científico. Esta mudança aconteceu, devido as ações de produção de interesse realizadas pelo chefe do laboratório, que mobilizaram governos, empresas, estudantes de pós-graduação e doentes que precisavam ser curados. Todas essas testemunhas fizeram com que a Pandorina entrasse para a história, uma vez que o acontecimento experimental do seu isolamento molecular não garantia o *status* de fato científico. Neste sentido,

a invenção da Pandorina aconteceu num campo de negociação, cujo foi definida a identidade do fato, o brilho do cientista, a importância do laboratório, enfim, a ciência é um processo de negociação, em que o fato só passa a existir na medida em que os atores implicados na prática experimental estendem e ampliam as redes de aliados (Moraes, 2002).

O fazer científico pela ação de tecer redes também é exemplificado por Rubem Alves (2011), que já no início de sua obra nos pergunta: “Você já pensou na semelhança que há entre os cientistas e os pescadores?” (p. 9), pois bem, assim como os pescadores tecem e lançam suas redes no rio para pescar os peixes, as ações que os cientistas realizam dentro e fora do laboratório também produzem redes, enquanto os pescadores produzem uma variedade de redes, redondas, compridas, de malha grande ou pequena para pescar um tipo diferente de peixe.

Entretanto, o processo de tecer redes em Alves (2011) se difere do pensamento latouriano, na ordem da produção, enquanto a rede dos pescadores é produzida anteriormente a captura dos peixes, a rede para Latour (2011) é produzida com o alistamento de aliados, portanto a rede não é algo a priori, ela se constitui no processo das associações entre os cientistas, laboratório, equipamentos, artigo científico, financiamentos, entre outros humanos e não humanos, que serão os nós desta rede, que tornaram o acontecimento experimental em fato científico, ou seja, para Latour (2011) ciência e política estão em constante interação, os cientistas não trabalham isolados em seu laboratório, eles não são autônomos ou independentes, na verdade, sua invenção se torna uma “referência” quanto mais forte estiver ligada a outros campos, quanto mais conectada estiver com outros atores, quanto mais associações produzir.

Dentre os lócus⁷⁰ de produção das ciências, desloco-me para a produção da escrita científica envolvendo especificamente a RA e o educação de química, buscando identificar as associações produzidas entre a RA e a educação química, que movimentam a produção cultural desta área. Para

⁷⁰ Lócus de produção das ciências aqui é entendido num sentido mais amplo, um lugar que está para além do laboratório, ou seja, a ciência é produzida na escrita de um artigo, em uma vila, na sala de aula, em uma comunidade em que foi aplicado um questionário/entrevista, lugares onde encontramos humanos e não humanos produzindo associações.

Latour (2011) os textos científicos são exemplos de associações entre humanos e não humanos para produzir convencimento, mas convencer não está relacionado com o jogo de palavras ao vento, mas sim com a corrida entre autor e leitor pelo controle dos movimentos um do outro. O leitor é escorregadio, é imprevisível e pode, mesmo que o autor utilize diversas referências, recursos e instrumentos, chegar a conclusões diferentes, assim a literatura técnica não terá o número de aliados congregados suficiente se os leitores ficarem divagando no texto. Mas como dificultar que a leitura vá para outras direções?

Segundo Latour (2011) é preciso empilharmeticulosamente mais caixas-pretas que são mais difíceis de discutir, o leitor se deparará com instrumentos difíceis de discordar, figuras difíceis de duvidar e referências difíceis de desacreditar.

O texto científico se difere do texto comum devido sua estratificação, sua organização em camadas, em que cada afirmação é interrompida por referências que estão dentro ou fora do texto, e em outras partes encontramos figuras, tabelas, gráficos, e neste “texto tão estratificado, o leitor realmente interessado na sua leitura está tão livre quanto rato em labirinto” (Latour, 2011, p. 71), portanto, “quanto mais técnica e especializada é uma literatura, mais “social” ela se torna, pois aumenta o número de associações necessárias para isolar os leitores e força-los a aceitar uma afirmação como fato” (p. 93).

4.2 BELA FIGURA, HEIN? UMA IMAGEM VALE MAIS QUE MIL PALAVRAS

Já mencionei no capítulo 2 o episódio da “Bela imagem, hein!”, em que o chefe de John Whittaker lhe proferiu um elogio quando viu as imagens tridimensionais da dupla hélice do DNA na tela do computador Eclipse MV/8000. O desenvolvedor de um aplicativo de RA também poderia receber esse tipo de elogio, um professor de química ou os estudantes que se deparassem com a imagem de algum átomo, como o do carbono (Figura 6), provavelmente ficariam fascinados pela imagem produzida pelo aplicativo *RApp Chemistry*.

Figura 6 - Representação do átomo de carbono em 3D.



Fonte: Próprio autor utilizando o Aplicativo Rap Chemistry (2022).

As discussões em torno da imagem datam dos primórdios da história, uma das mais antigas definições pode ser encontrada em Platão, que as chama “em primeiro lugar às sombras, em seguida aos reflexos que vemos nas águas ou à superfície dos corpos opacos, polidos e brilhantes e todas as representações deste gênero”⁷¹. Seria a imagem uma ocultação, uma ilusão, uma falsidade? Ou pelo contrário, a produção de verdades a partir de um observador, mediador, ou dispositivo óptico?

O termo imagem é muito utilizado e têm tantos empregos que fica difícil encontrar uma definição simples, a imagem está presente no desenho infantil, na propaganda publicitária, na TV, nas galerias de artes, nos grafites, numa logomarca, no inconsciente, e apesar de toda essa diversidade conseguimos compreendê-la, por isso da pergunta no parágrafo anterior soar estranha. Segundo Joly (1996), compreendemos que a imagem indica algo que pode não estar no visível, mas que sempre depende da produção do sujeito, assim, “a imagem passa por alguém que a produz ou reconhece” (p. 13), neste sentido, não é a natureza que propõe imagens, nós que produzimos e damos sentido às imagens por meio das práticas culturais.

Dentro dos EC as práticas de representação ocupam um importante espaço, haja vista que a “representação conecta o sentido e a linguagem à cultura” (Hall, 2016, p. 31). Mas o que a representação tem a ver com a cultura e os significados? Para Hall (2016) representar significa

⁷¹ Platão – **A República**, Lisboa, Europa-América, s.d., p. 225.

utilizar a linguagem para expressar algo sobre o mundo ou representá-lo aos outros. O mesmo autor acrescenta que o ato de representar

[...] é uma parte essencial do processo pelo qual os significados são produzidos e compartilhados entre os membros de uma cultura. Representar *envolve* o uso da linguagem, de signos e imagens que significam ou representam objetos (Hall, 2016, p. 31, grifo do autor).

Portanto, a representação é a produção de significados por meio da linguagem, que aqui é entendida como sistemas escritos ou falados de uma língua, como também imagens visuais produzidas manual ou digitalmente, ou seja, a linguagem pode ser qualquer som, palavra, imagem, gesto ou objeto que opere como signos, que carregam sentido (Hall, 2016).

As práticas de representação são guiadas por dois sistemas: as representações mentais e a linguagem. Segundo Hall (2016) o primeiro sistema está ligado a um conjunto de representações mentais que são conceitos e imagens formados em nossos pensamentos, já o segundo sistema possibilita a existência de um mapa conceitual partilhado, através do qual possamos representar ou intercambiar significados ou conceitos, por isso que, a grosso modo, pertencer a uma cultura é pertencer a um mesmo universo conceitual e linguístico.

Os sistemas de representação constroem o sentido, que é construído e fixado pelo código, responsável pela correlação entre nosso sistema conceitual e nossa linguagem, Hall (2016) exemplifica a construção do sentido quando pensamos em uma árvore, o código nos diz para usar a palavra ÁRVORE, ou seja, na nossa cultura o conceito “árvore” é representado pelas letras Á-R-V-O-R-E, ou por sua imagem: dois traços paralelos ligados na parte superior por um círculo com as bordas arredondadas, parecendo uma nuvem. Lembrando que, esta representação de árvore que acabei de fazer, é produto do intercâmbio das práticas de significação e dos sistemas simbólicos que experienciei ao longo das minhas práticas sociais.

Portanto, a palavra árvore e a imagem da árvore são signos que significam ou representam os conceitos e as relações conceituais entre

estes, que levamos em nossas mentes e que juntos compõem os sistemas de significação de nossa cultura.

Enquanto a imagem da árvore que é um signo icônico carrega alguma semelhança com aquilo que está representando, a palavra árvore é um signo indexical, que não apresenta nenhuma relação óbvia com a árvore “real”, assim, a relação entre o signo, o conceito e o objeto referenciado é arbitrária. As árvores não se importam de serem representadas pela palavra SEROVRA (árvore escrito ao contrário), ou pela palavra em inglês *tree*, ou francês *arbre*, tais palavras apresentam o mesmo conceito: planta grande que cresce na natureza (Hall, 2016).

Esta arbitrariedade traz à tona o processo de significação, que não está no objeto, na coisa e muito menos na palavra, para Hall (2016) o significado é construído, produzido, inventado por nós mesmos, o fixamos tão firmemente que no final ele parece natural ou inevitável.

Outro exemplo dado por Hall (2016) é do semáforo, uma máquina que emite diferentes luzes coloridas para organizar o trânsito. Em nossa cultura as cores, vermelho = pare e verde = siga, funcionam assim, porque fomos nós que produzimos esses significados. Não é a luz vermelha que impede o fluxo dos carros, mas o significado que nossa cultura atribui à cor (Hall, 2016).

A ação, seja de desenhar uma árvore, de parar no sinal vermelho em um cruzamento, ou de projetar a imagem 3D de um átomo mostra como a representação é uma das práticas centrais na produção da cultura na qual os significados são produzidos e circulam (WORTMANN, 2001), e por isso o conceito de representação é uma ferramenta amplamente utilizada dentro dos EC, como nos trabalhos de temáticas ambientais de Amaral (1997, 2013) que analisou as representações de natureza em anúncios publicitários, e Wortmann, Ripoll e Possamai (2012) que discutiram a educação ambiental corporativa presente na animação do Peixonauta. Essas pesquisas apontam que as representações de natureza são produzidas socialmente, e dentro de uma sociedade capitalista, trazem consigo a mercantilização de produtos e de significados, como a compra do sabão em pó amigo da natureza que contém menor teor de fosfato, ou a

compra de mais de 300 produtos (bolsas, estojos, celular educativo, kit de refeição... tudo de plástico) que estampam o personagem do Peixonauta, que com a ajuda de seus amigos, solucionam *facilmente* alguns problemas ambientais.

Wortmann (2001) ao discutir o uso do termo representação pontua que os estudiosos dos EC influenciados pela noção construcionista de Stuart Hall, afastam-se da visão comum de “reflexo”, de “verdade por correspondência”, que confere a ciência moderna a “comprovação positiva de verdade”, que dentro das teorias de representação é a abordagem que Hall (2016) chama de reflexiva, em que “o significado encontra-se no objeto, pessoa, ideia ou evento do mundo real e que a linguagem funciona como um espelho para refletir o verdadeiro significado que os mesmos têm por já existirem no mundo” (p. 47).

Stuart Hall vê o “real” como uma construção social, em que a produção de verdades acontece quando representamos algo utilizando a linguagem, assim não é o mundo material que transmite o sentido, mas sim o sistema de linguagem que usamos para representar nossos conceitos, portanto não são nem as coisas em si mesmas nem os usuários individuais que fixam significados, somos nós que construímos sentido, usando os sistemas de representação (HALL, 2016). O autor prefere esta abordagem, que ele chama de construtivista.

São os atores sociais que usam os sistemas conceituais, linguísticos e outros sistemas representacionais de sua cultura para construir sentido, para fazer com que o mundo seja compreensível e para comunicar sobre esse mundo, inteligivelmente, para outros (Hall, 2016, p. 49).

Portanto, é a cultura que acaba dando sentido as coisas, e voltando para a imagem do átomo de carbono que coloquei no início dessa seção; o significado dado a ela é consequência do modo como a representamos, esse significado foi produzido, reproduzido e disputado em diversos lugares e práticas sociais: no laboratório de Cavendish⁷², nos

⁷² Melzer e Aires (2015) utilizam a inauguração do laboratório de Cavendish em 1874 para discutir o desenvolvimento das teorias atômicas, segundo os autores Thompson alcançou prestígio/fama mundial ao transformar o laboratório em um centro de referência de estudos relacionados a constituição da matéria, que culminou com o Prêmio Nobel de Física de

currículos escolares, nos livros didáticos, na literatura, nos desenhos animados, nos aplicativos de RA, ou seja, a produção de significados sempre está associada a lutas de poder, e esses significados estão em constante negociação/contestação, sempre estão sujeitos à mudança, “não há, portanto, um “verdadeiro sentido” único, imutável, universal” (Hall, 2016, p. 60), não existem respostas únicas e corretas para pergunta do tipo “O que significa essa imagem? Suas respostas vão depender das convenções sociais, culturais e linguísticas produzidas pelas relações de poder, como pontua Silva (2001, p. 41) “a representação não é nunca fixa, estável, determinada”, ela é um sistema de significação e os processos e as práticas de significação são fundamentalmente sociais (Wortmann, 2001).

A representação do átomo de carbono com seus quatro elétrons na camada de valência ganha sentido por estar inserida no que Hall (2016) chama de sistema de significação, que são constantemente produzidos e intercambiados nas interações pessoais e sociais que participamos, sendo a linguagem um dos meios em que os significados são produzidos e circulados.

Diante do exposto fica evidente que a produção de significados está relacionada com as práticas culturais, como a da construção de identidades, do consumo, da regulação (Wortmann, 2001), e também de produção da ciência, uma vez que Lenoir (2004, p. 14) defende a condição de prática cultural para a ciência que “está imbricada em uma rede sem costuras com outras formas de práticas sociais, políticas, inclusive estéticas”, da ciência mundana da produção de instrumentos, da manipulação dos aparelhos experimentais, das relações das atividades práticas com o objeto e sua representação.

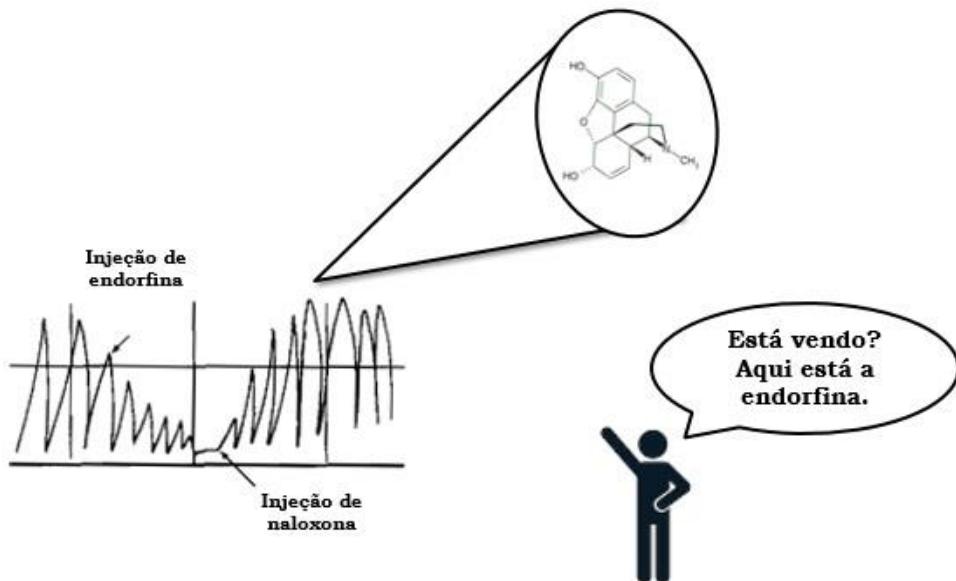
O foco na prática amplia a discussão em torno da produção do conhecimento científico, já que o experimento tem influências da economia, dos interesses políticos, sociais, econômicos, e isso dissolve a distinção entre o interno e o externo na ciência, voltando a Latour, a produção da ciência é coletiva, acontece dentro e fora do laboratório na arregimentação de aliados,

1906, pela invenção do elétron que segundo Moreira (1997) fora anunciada por Thompson em uma conferência, na Royal Institution, no dia 30 de abril de 1897.

e a imagem tem papel relevante neste processo, Latour (2011) diz que uma das manobras mais poderosa é utilizar figuras/tabelas/legendas/gráficos para mostrar exatamente aquilo que está no texto, assim o leitor “é posto diante não só da opinião do autor e das posições assumidas pelos artigos mais antigos, mas também diante daquilo que o texto diz” (p. 70), do referente das coisas ausentes, da figura, onde a questão para o leitor não é a de acreditar, mas a de *enxergar* o que está diante dos seus olhos.

Logo, por de trás da escrita de um texto científico estão as inscrições⁷³, que são informações materializadas produzidas por instrumentos, que torna visível o invisível (Latour, 2011), podemos não enxergar uma molécula de endorfina, mas quando um pesquisador nos leva para uma sala bem iluminada, climatizada e se senta na frente de vários aparelhos e fala “deixa eu te mostrar”, e injeta em uma amostra do intestino de uma cobaia a naloxona, a agulha do fisiógrafo desenha na folha de papel os picos da regulação do níveis basais da endorfina, surge diante de nós o hormônio representado por picos em um gráfico, conforme indica a Figura 7.

Figura 7 - A inscrição da endorfina.



Fonte: Adaptado de Latour (2011).

⁷³ Para Latour inscrição é toda informação que pode ser materializada num arquivo, num documento. Sem as inscrições os cientistas estariam perdidos, pois é a partir das “inscrições bidimensionais, superpostas e combinadas” (Latour, 2017, p. 44) que se consegue fazer referência ao mundo, os cientistas sem **os mapas** ficariam totalmente perdidos numa expedição na floresta.

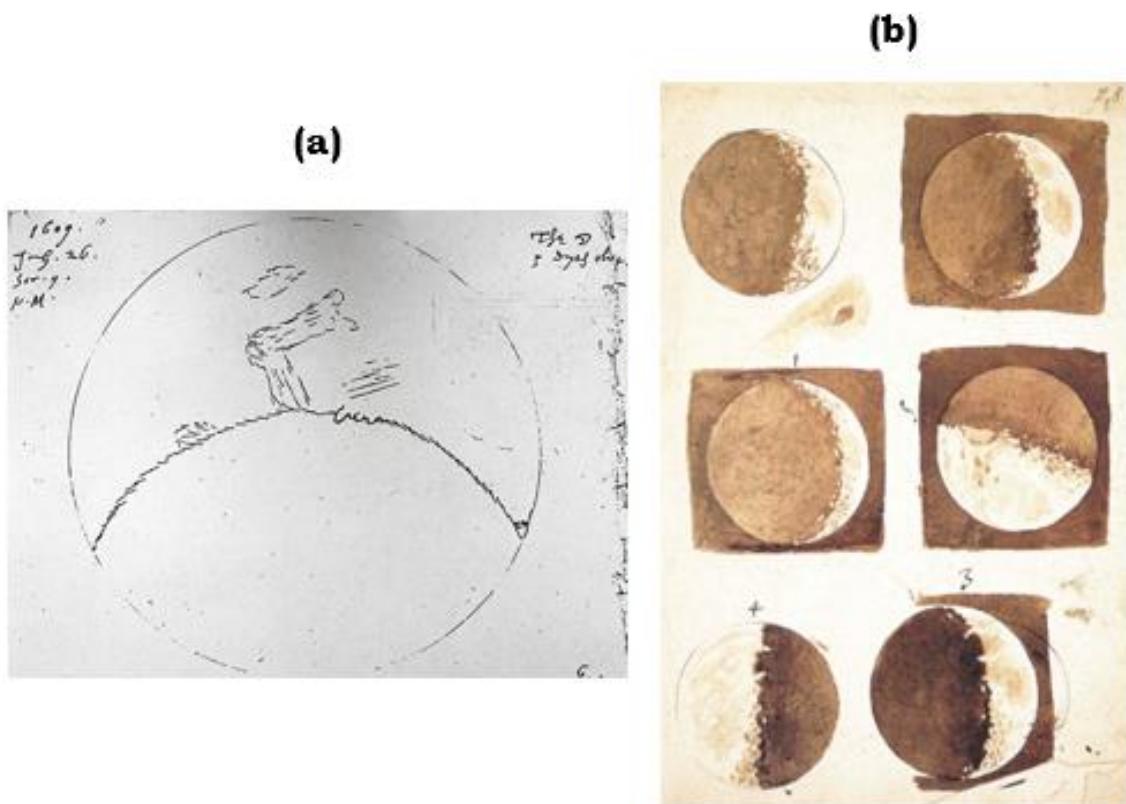
A amostra do intestino da cobaia, o papel com os picos da endorfina saindo do fisiógrafo, o equipamento que realiza a leitura, a agulha pulsando no papel criando os picos, o pesquisador que opera os equipamentos, a sala iluminada com ar condicionado onde os experimentos são feitos, o artigo publicado com a figura, formam a rede de atores humanos e não humanos da produção da endorfina, ou seja, foram reunidos aparelhos, pessoas à produção de uma exposição visual para convencer os leitores/discordantes, aumentando assim a rede.

Outro exemplo do uso da imagem como estratégia de convencimento foram os desenhos da Lua que rendeu à Galileu Galilei o título de inventor do telescópio sobre Thomas Harriot, que um ano antes já havia desenvolvido o que ele chamava de “tubo de perspectiva”. No verão de 1609, o então contemporâneo de Galileu, realizou seu primeiro desenho Lunar (Jorge; Peduzzi, 2018).

Harriot, em seu primeiro desenho lunar, não acrescentou nenhuma explicação sobre sua observação, salvo o horário e a data: 1609, 26 de junho às 9 P.M. Ao observar a Lua, Harriot desenhou uma linha com traços curtos e irregulares para demarcar a parte iluminada e sombreada. Na metade superior da esfera representou a partir de traços, o que hoje conhecemos como mares lunares, na época Harriot chamou de “mancha estranha” da Lua (Edgerton, 2006).

Ainda em 1609, Galileu sabendo que na Holanda Harriot já havia desenvolvido um instrumento capaz de enxergar mais de perto objetos distantes, desenvolveu sua luneta e a apontou para o céu para observar a superfície lunar (Jorge; Peduzzi, 2018). A representação da Lua de Harriot e Galileu podem ser observadas na Figura 8.

Figura 8 - Representações da Lua segundo Harriot (a) e Galileu (b).



Fontes: (a) Jorge e Peduzzi (2018) e Holton (1996); (b) Warwick (2014).

Qual dos dois desenhos da Lua você acredita mais? Sabemos que Galileu ganhou essa batalha, mas por quê?

Segundo Warwick (2014) Galileu era formado e membro da *Accademia del Disegno* e utilizou as técnicas de luz e sombra para pintar a ciência óptica, e com seus conhecimentos sobre geometria de projeção de sombras (*chiaroscuro*) e a teoria e a técnica da perspectiva fez registros de suas observações da Lua em novembro-dezembro de 1609 (Jorge; Peduzzi, 2018).

A partir de seus primeiros registros, Galileu em março de 1610 publicou o livro *Sidereus Nuncius* (O mensageiro das Estrelas) que segundo Peduzzi (2015) abalou as ideias da perfeição dos céus defendida por Aristóteles e seus seguidores, ou nas palavras de Latour (2011) Galileu e seu telescópio enfrentaram ferozes controvérsias para produzir uma imagem da Lua.

Assim como descrito por Harriot, os desenhos de Galileu também apresentam manchas, que segundo Galileu (2010) representam as

sombrias provenientes de montanhas na superfície irregular da Lua, conforme o relato em seu livro:

[...] podemos discernir com certeza que a superfície da Lua não é perfeitamente polida, uniforme e exatamente esférica, como um exército de filósofos acreditou, acerca dela e dos outros corpos celestes, mas é, pelo contrário, desigual, accidentada, constituída por cavidades e protuberâncias, como a face da própria Terra, que está marcada, aqui e acolá, por cadeias de montanhas e profundezas de vales (Galilei, 2010, p. 156).

Harriot e Galileu olharam para o mesmo objeto, entretanto, mesmo apresentando suas ilustrações depois, Galileu venceu a batalha e tornou-se o inventor do telescópio. Sua vitória foi estabelecida graças as associações estabelecidas entre os humanos e não humanos: sua capacidade de descrição, sua educação renascentista, a luneta, suas habilidades com a teoria e técnica de sombra e luz, o *chiaroscuro* aprendido na escola florentina, todos esses aliados ajudaram na produção da imagem da Lua e do *status* de mensageiro das estrelas.

Portanto, Galileu é mais conhecido que Harriot, pois a representação da Lua de Galileu tem mais aliados que a de Harriot, sua produção estabeleceu mais associações, e para Latour (2011) o *status* de científico está justamente na ação de alistar pessoas, objetos e coisas para a construção de um discurso comum, sendo que a credibilidade e a durabilidade de determinadas ideias estão relacionadas com o aumento no número de aliados, que mesmo depois de mais de 400 anos, continua aumentando, e a realidade aumentada tem contribuído com isso, uma vez que não preciso de um telescópio para “enxergar” a Lua.

Aplicativos como SkyView® Lite, *Star Walk 2* e *Star Roam & Planet & Sky Map* funcionam como um planetário de mão que trazem experiências de realidade aumentada onde, ao apontar a câmera para o céu, é possível conferir as posições de astros espaciais em tempo real, como a Lua por exemplo (Figura 9).

Figura 9 – Representação em RA da Lua pelo aplicativo *Star Roam & Planet & Sky Map*.



Fonte: *Star Roam & Planet & Sky Map*; próprio autor (2023).

Dentro dos estudos das práticas científicas em Latour, as imagens são o *resultado final* de um longo processo percorrido no laboratório, a imagem da Lua com suas depressões/protuberâncias, por exemplo, é o produto final que constitui a última camada do texto, onde todas as controvérsias foram superadas, e Galileu conseguiu empilhando seu texto em camadas, sendo a última com instrumentos, que são quaisquer estruturas que possibilitem a exposição visual de qualquer coisa em um texto científico (Latour, 2011), o telescópio, as habilidades artísticas, a escola, a descrição detalhada, os aplicativos de RA, as plataformas de produção destes aplicativos, seus desenvolvedores, as avaliações dos usuários, tudo para conduzir sem contestações os discordantes.

Neste sentido, as imagens produzidas pelos aplicativos de RA direcionados a educação química são produtos finais das práticas de químicos, bioquímicos, físicos, cientistas da computação, dentre outros.

5 A DESCRIÇÃO... MAIS DIGNA POSSÍVEL

5.1 OS MOVIMENTOS INICIAIS DA DESCRIÇÃO

Era um sábado de fevereiro, e eu estava de manhã à postos em frente ao meu notebook para a primeira aula do curso *Latour no Sertão*. Neste dia, entre as leituras sugeridas estava o primeiro capítulo da obra Ciência em Ação, e em meu caderno a última anotação deste dia lembrava sobre a questão metodológica de seguir os cientistas. No final do nosso encontro online, chegamos à conclusão de que Latour prefere apanhar dos intelectuais das metodologias, e ajudar na investigação da ciência em ação, uma vez que o autor propõe que nós pesquisadores adotemos uma postura mais flexível/mutável.

Law (2003) também defende essa postura, segundo ele precisamos assumir que o mundo é muito mais desordenado do que imaginamos, assim, a metodologia como prescrição de higiene⁷⁴ não faz sentido, e seguindo esta perspectiva, as regras metodológicas para Latour, são as decisões que tomamos da forma de considerar os princípios que são “os fatos empíricos que temos em mãos” (Latour; Woolgar, 1997, p. 36), sendo que, estes fatos são construídos coletivamente, passando de mão em mão, se deformando e se traduzindo, portanto, dificilmente irão se manter estáveis e inalterados (*ibidem*).

Segundo Freire (2013) Latour não está interessado em estudar a ciência por metodologias/teorias já estabelecidas, como os estudos sociológicos das ciências que se preocupam com o processo de interpretação da produção da ciências e tentam enquadra-la em uma moldura teórica, ele está preocupado com a *descrição*, mais digna possível⁷⁵, das associações

⁷⁴ Law (2003) não concorda com a finalidade de o método produzir garantias, onde seguindo as etapas corretamente, o pesquisador produzirá dados claros, e um produto puro. Para o autor os passos metodológicos não funcionam quando assumem uma forma higiênica, uma vez que a pesquisa na prática é confusa e heterogênea.

⁷⁵ A descrição mais digna possível, vem contrapor a ideia propagada pela academia de que a descrição é uma tarefa fácil. Entretanto, ao assumir as ideias teóricas-metodológicas de Latour, o pesquisador precisa se distanciar da aplicabilidade e/ou da avaliação do objeto de estudo, que acaba enquadrando os acontecimentos numa moldura teórica, ou seja, o pesquisador “não deve emitir interpretações sobre seu objeto de estudo, mas apenas descrevê-lo da melhor forma possível” (Freire, 2006, p. 57). A autora chama esse processo

produzidas pelos humanos e não humanos envolvidos na fabricação das ciências. Portanto, a descrição é um movimento de mostrar o maior número possível de elemento que se interligam, se articulam em redes mais ou menos extensas, por meios de ligações mais ou menos fortes (Latour, 2011).

Na obra *Ciência em Ação*, Latour defende que a maneira de compreender a realidade dos estudos científicos é acompanhar os cientistas em ação, para tanto ele realiza o processo de descrição debruçando-se na literatura, no laboratório e nas máquinas envolvidas na produção dos fatos científicos. Assim como Latour (2011) utiliza a literatura para descrever como o hormônio de crescimento GRF se tornou fato científico, aqui em meu trabalho, utilizo a literatura envolvendo a RA e a educação química, para realizar o processo de descrição, que no pensamento latouriano significa seguir as associações realizadas pelos humanos e não humanos que produzem a rede, ou seja, significa seguir a ação dos mediadores, “que são aqueles que em ação levam outros a agir” (Salgado, 2018, p. 107), ou nas palavras de Santaella e Cardoso (2021) um ator provoca deslocamentos no agenciamento.

Os mediadores, por seu turno, não podem ser contados como apenas um, eles podem valer por um, por nenhuma, por várias ou uma infinidade. O que entra neles nunca define exatamente o que sai; sua especificidade precisa ser levada em conta todas as vezes. Os mediadores transformam, traduzem, distorcem e modificam o significado ou os elementos que supostamente veiculam (Latour, 2012, p. 65).

Gomes (2019) comenta justamente sobre o desafio de tornar visível o trabalho dos atores que colocam outros atores, que podem ser intermediários, em movimento, uma vez que para a proposta teórica-metodológica latouriana, a produção da rede é específica e dinâmica, e pode se modificar a qualquer momento.

Mediadores e intermediários são para Latour (2012) conceitos subsidiários na composição da noção de mediação, que emerge no contexto da crítica latouriana à tendência dualista e purificadora do moderno, uma tendência de ver os fenômenos a partir de dicotomias estanques e já fixadas

de descrever sem explicar, e isso não quer dizer que é uma tarefa fácil, já que é preciso descrever as negociações, deslocamentos e transformações ocasionadas pelas ações dos mais diversos atores humanos e não humanos (FREIRE, 2006).

a priori, como sociedade e natureza.

Para Lemos (2013c, p. 48) mediar e traduzir são ações vinculadas

Tradução, mediação, comunicação é toda ação que um ator faz a outro, implicando aí estratégias e interesses próprios na busca de estabilização futura da rede ou da resolução da estratégia ou objetivo. Ela é uma operação semiótica entre atores modificando ambos a partir de interesses específicos.

A ideia de Lemos (2013c) de considerar mediação como sinônimo de tradução, vem de Latour (2012) que pontua que os dois termos buscam definir as ações de transformações da rede, os termos implicam deslocamento de objetivos, interesses, dispositivos, entidades, tempos, lugares.

Nas próximas linhas apresento os movimentos de transformações, que começam pelos dados de gráficos, para nos situar o espaço-tempo das publicações e citações. Em um segundo momento trago os estudos de redes digitais que representam as ligações entre humanos, as atividades automatizadas e os objetos digitais, que no caso dessa pesquisa envolvem os artigos do resultado da busca na plataforma da WoS relacionando a educação química e a RA.

Latour (2011) realiza um estudo cirométrico do artigo de Schally, apontando as referências utilizadas pelo inventor do GHRH, bem como os aliados metodológicos de purificação desse hormônio, farei movimentos parecidos ao propor análises relacionais coocorrência de palavras-chaves e de acoplamento bibliográfico a partir das redes produzidas pelo programa VOSViewer do resultado que advém da minha porta de entrada: o espaço-rede da *web*, a busca na plataforma WoS com as palavras-chaves "*Augmented reality*" AND ("Chemical Education" OR "chemistry teaching").

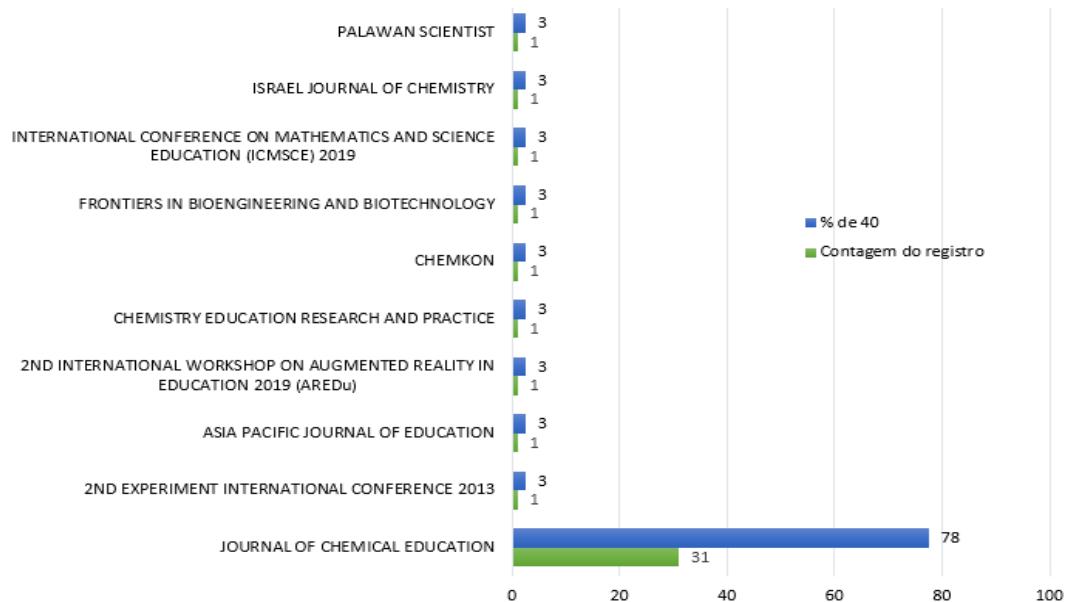
5.1.1 O Espaço-tempo da Produção dos Artigos

Começo minha descrição respondendo as questões: Quais revistas/eventos os artigos foram publicados? Qual o ano de publicação? Qual o número de citações destes artigos?, uma vez que as respostas me

ajudarão a situar o espaço-tempo da minha pesquisa.

Os dados presentes no Gráfico 1 revelam que os 40 artigos foram publicados em 10 locais diferentes.

Gráfico 1 - Locais de publicação dos artigos.



Fonte: Plataforma WoS.

Ainda, segundo o Gráfico 1 a maioria (31 ocorrências = 78%) dos artigos foi publicada na revista *Journal of Chemical Education*, acredito que esse resultado está relacionado com a palavra-chave que utilizei (*Chemical education*) na plataforma da WoS. Os outros 9 locais (1 ocorrência = 3% cada) correspondem a 6 revistas (*Asia Pacific Journal of Education*, *Chemistry Education Research and Practice*, *Chemkon*, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *Israel Journal of Chemistry* e *Palawan Scientist*) e 3 eventos (*2nd Experiment International Conference*, *2nd International Workshop on Augmented Reality in Education (AREDu)* e *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMSCE)*).

Com relação à temporalidade dos artigos, os dados presentes no Gráfico 2 mostram que o primeiro foi publicado em 2013 e as publicações mais recentes (2 artigos) são de 2022.

Gráfico 2 - Ano de publicação dos artigos.

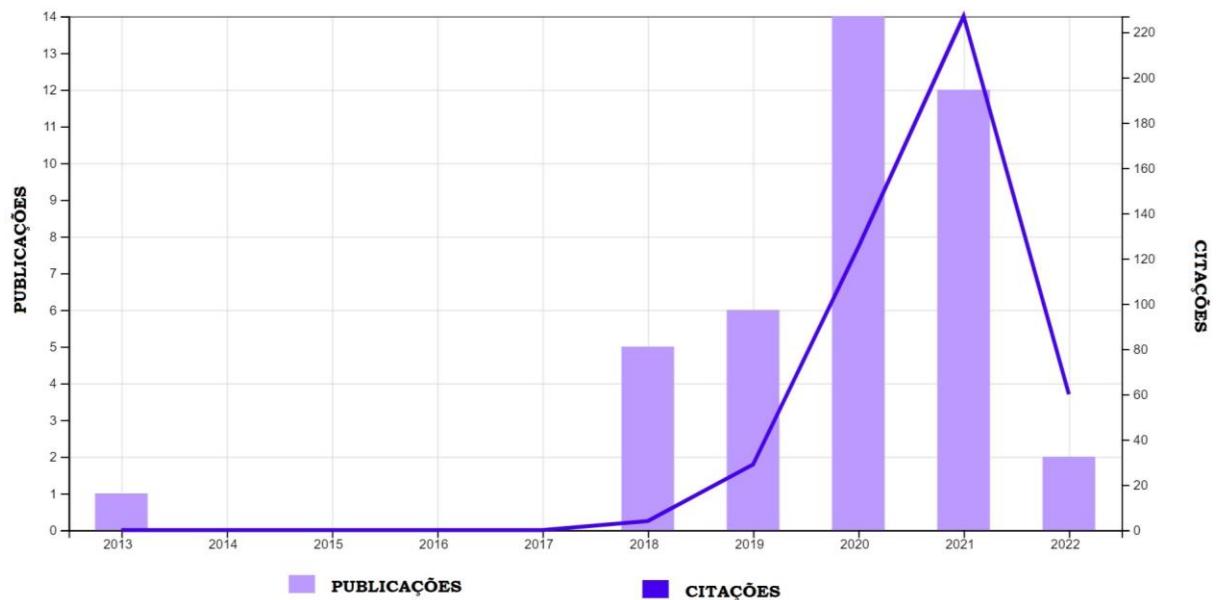


Fonte: Plataforma WoS.

A maior produção de artigos relacionando a RA e a educação química ocorreu no ano de 2020, com 14 publicações, seguido pelo ano de 2021, com 12 publicações, 2019 com 6 e 2018 com 5.

Ainda neste primeiro movimento de descrição é preciso apontar os dados de citação, pois Latour (2011) nos alerta que a força de um texto científico está na sua capacidade de mobilizar aliados e/ou de fazer com que os discordantes desistiam de refutá-lo. No Gráfico 3 podemos observar o número de citações recebidas pelos artigos selecionados nesta pesquisa.

Gráfico 3 – Relação entre publicação e citações dos artigos.



Fonte: Plataforma WoS.

Os artigos começaram a ser citados no ano de 2018 com 4 citações, conforme indicado no Gráfico 3, já no ano 2021 ocorreu o maior número de citações, 227 no total, acredito que esse aumento aconteceu, pois, no ano anterior foi produzido o maior número de publicações, 14 artigos correspondendo 35% das 40 produções acadêmicas, este aumento na produção e citação dos artigos relacionados com a RA está relacionado com o cenário de pandemia da Covid-19, em que as escolas com as portas fechadas, precisava adotar outras formas de ensinar, discuto melhor sobre esse cenário na seção 5.2.1.3.

Na Tabela 1 apresento de forma mais detalhada as citações de cada artigo.

Tabela 1 – Número de citações de cada artigo entre 2018 e 2022.

Código	Autores	Ano de publicação	CITAÇÕES					
			2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
ART40	Dietrich, <i>et al.</i>	2020	0	0	2	40	10	52
ART10	Tee, <i>et al.</i>	2018	4	8	12	16	3	43
ART03	Yang, S.; Mei, B.; Yue, X.	2018	0	5	12	12	2	31
ART19	Zhu, <i>et al.</i>	2018	0	4	11	12	1	28
ART11	Naese, <i>et al.</i>	2019	0	2	13	9	2	26
ART23	Estudante, A.; Dietrich, N.	2020	0	0	7	12	5	24
ART16	Sanii, B.	2020	0	0	6	11	4	21
ART18	Plunkett, K. N.	2019	0	0	7	11	2	20
ART33	Rose, <i>et al.</i>	2019	0	0	12	8	0	20
ART09	Eriksen, K.; Nielsen, B. E.; Pittelkow, M.	2020	0	0	3	15	1	19
ART38	Barrett, <i>et al.</i>	2018	0	4	5	6	1	16
ART01	Nechypurenko, <i>et al.</i>	2019	0	4	10	1	0	15
ART13	Aw, <i>et al.</i>	2020	0	0	0	11	3	14
ART15	Sung, <i>et al.</i>	2020	0	0	6	7	0	13
ART14	An, J.; Poly, Laila-Parvin; Holme, T. A.	2020	0	0	3	7	2	12
ART26	Muessig, <i>et al.</i>	2020	0	0	2	8	1	11
ART39	Bibic, <i>et al.</i>	2019	0	0	5	5	1	11
ART31	Bernholt, <i>et al.</i>	2019	0	0	4	6	0	10
ART36	Joaquin Franco-Mariscal, A.	2018	0	2	1	5	0	8
ART04	Maier, P.; Klinker, G.	2013	0	0	2	5	1	8
ART08	Schmid, J. R.; Ernst, M. J.; Thiele, G.	2020	0	0	0	3	3	6
ART29	Williams, <i>et al.</i>	2020	0	0	1	3	1	5

ART28	Rodriguez, <i>et al.</i>	2021	0	0	0	1	3	4
ART17	Abdinejad, <i>et al.</i>	2021	0	0	0	2	2	4
ART24	Fernandes, H. S.; Cerqueira, N. M. F. S. A.; Sousa, S. F.	2021	0	0	0	3	1	4
ART27	An, J.; Holme, T. A.	2021	0	0	0	2	2	4
ART22	Ovens, <i>et al.</i>	2020	0	0	0	1	3	4
ART20	Arguello, J. M.; Dempski, R. E.	2020	0	0	1	1	2	4
ART37	Camel, <i>et al.</i>	2020	0	0	0	2	0	2
ART32	Fombona-Pascual, A.; Fombona, J.; Vazquez-Cano, E.	2022	0	0	0	0	1	1
ART21	Aristov, M. M.; Moore, J. W.; Berry, J. F.	2021	0	0	0	0	1	1
ART02	Tschiersch, A.; Krug, M.; Huwer, J.; Banerji, A.	2021	0	0	0	0	1	1
ART35	Wright, L.; Oliver-Hoyo, M.	2021	0	0	0	1	0	1
ART05	Zhang, <i>et al.</i>	2021	0	0	0	1	0	1
ART12	Kodiyah, J.; Irwansyah, F. S.; Windayani, N.	2020	0	0	0	0	1	1
ART06	Alfaro, <i>et al.</i>	2022	0	0	0	0	0	0
ART34	Chatterjee, <i>et al.</i>	2021	0	0	0	0	0	0
ART25	Wong, C. H. S.; Tsang, K. C. K.; Chiu, Wang-Kin	2021	0	0	0	0	0	0
ART30	Echeverri-Jimenez, E.; Oliver-Hoyo, M.	2021	0	0	0	0	0	0
ART07	Montalbo, S. M.	2021	0	0	0	0	0	0

Fonte: Plataforma WoS; próprio autor (2022).

Na Tabela 1 os artigos foram dispostos segundo seu número de citações de forma decrescente, sendo o ART40 com maior número de citações (52) e os artigos ART06 (Alfaro, *et al.*), ART34 (Chatterjee, *et al.*), ART25 (Wong, C. H. S.; Tsang, K. C. K.; Chiu, Wang-Kin), ART30 (Echeverri-Jimenez, E.; Oliver-Hoyo, M.) e ART07 (Montalbo, S. M.) com nenhuma citação. Sobre estes últimos ficam as perguntas: Será que eles farão parte da rede? Será que conseguiram estabelecer relações, formar agrupamentos⁷⁶?

5.1.2 As Redes Digitais me Ajudando na Descrição

Omena e Amaral (2019) começam seu texto dizendo: *Tudo é rede!* Essa afirmação segundo os autores, é proferida por desconhecedores,

⁷⁶ Tradução para *Clusters*, que se referem aos conjuntos de nós em uma rede.

que consideram a rede como combinação de pontos ligados por linhas que podem representar processos de comunicação ou “um grupo ou sistema de pessoas e coisas interligadas” segundo o Google. Quando clicamos, curtimos, comentamos ou compramos algo, tornamos essas ações passíveis de serem lidas digitalmente, assim como, quando publicamos um artigo em uma revista vinculada a alguma base de dados, e essas ações digitais podem ser visualizadas em rede.

Segundo Venturini, Munk e Jacomy (2018) o interesse pela visualização de redes pela comunidade acadêmica surge devido a crescente disponibilidade de ferramentas de análise de redes para computadores pessoais, como o *Pajek*, *NetDraw*, *Guess*, *Gephi*, *VOSviewer*, entre outros. As imagens de redes estão por toda parte, nos prédios, nas camisetas, na área de trabalho dos computadores, nas paredes dos aeroportos, e isto está relacionado com *poder figurativo* da visualização das redes e o sucesso das redes digitais.

O poder figurativo está relacionado com o conjunto de algoritmos de vetores de força que “dão sentido à disposição dos nós no espaço do grafo” (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015b, p. 3), assim em uma rede especializada a distância espacial ganha significado: “dois nós estão próximos se estiverem conectados diretamente ou conectados ao mesmo conjunto de nós” (*ibidem*). O poder figurativo das redes vem dessa possibilidade de visualização, que passa pelo campo matemático dos cálculos de centralidade, diâmetro, densidade (entre outros) e ganha uma imagem.

Segundo Venturini e Latour (2010) antes dos estudos de redes digitais, o acesso aos fenômenos coletivos sempre foi incompleto e caro para as ciências sociais, quando comparado com os cientistas naturais, os cientistas sociais foram relativamente mal equipados

[...] enquanto os físicos podiam seguir bilhões de átomos nos aceleradores e os biólogos cultivarem milhões de micróbios com seus microscópios, os cientistas sociais não podiam simultaneamente manter amplitude e profundidade em suas observações (Venturini; Latour, 2010, p. 89).

Entretanto, as interações digitais não se circunscrevem a um

setor específico, seus fios estão entrelaçados aos modos de vida e a velocidade com que as tecnologias digitais se infiltram na modernidade fez emergir uma nova possibilidade e reestruturar o estudo da existência social (Rogers, 2004), e das práticas dos cientistas, principalmente quando publicam seus artigos.

Omena e Amaral (2019, p. 124) entendem as redes digitais como “esquemas representativos de conexões/ações rastreáveis/recuperáveis, formadas pela mobilização de atores humanos e não humanos em torno de uma questão ou tema e mediada por interfaces técnicas”, assim, na produção das redes digitais, as interfaces técnicas e os softwares de extração assumem-se como organizadores e mediadores no processo de recolha e a análise.

O foco da pesquisa de Omena e Amaral (2019) foi a Análise de Rede Sociais (ARS), entretanto a produção e análise de redes digitais também é utilizada na pesquisa bibliométrica, como a de Lucas e Garcia-Zorita (2014) que investigaram a produção científica da noção de Capital Social, e a de Freire, Heimann e Cunha (2021) que utilizaram o *VOSviewer* para levantar dados bibliométricos da produção científica brasileira sobre o tema de certificação ambiental.

Segundo Hayashi (2012) a medição da ciência se tornou uma preocupação desde a sua institucionalização, e neste contexto foi criada a disciplina de bibliometria. No campo da ciência da informação não existe um consenso sobre essa invenção, enquanto Fonseca (1973) defende que foi Paul Otlet, em 1934, quem utilizou pela primeira vez o termo bibliometria na obra intitulada *Traité de documentación*, outros colocam Alan Pritchard como inventor da bibliometria, que a considera como um conjunto de métodos e técnicas quantitativos para a gestão de bibliotecas e instituições envolvidas com o tratamento de informação, ou seja, é um campo da ciência que visa transformar os índices do produto científico registrado (livros, revistas, documentos) em dados estatísticos, (Pritchard, 1969).

Spinak (1996, 1998) entende a bibliometria como: aplicação de análises estatísticas para estudar as características do uso e criação de

documentos; estudo quantitativo da produção de documentos como se reflete nas bibliografias; aplicação de métodos matemáticos e estatísticos ao estudo do uso que se faz dos livros e outros meios dentro e nos sistemas de bibliotecas.

Entretanto, para além de dados estatísticos e das bibliotecas, ainda nos anos 60 do século passado, nasce a cienciometria⁷⁷, estabelecida pelas associações entre a documentação científica, a Sociologia da Ciência e a História Social da Ciência, com o objetivo de investigar a atividade científica como fenômeno humano, social e mediante parâmetros e indicadores baseados em modelos matemáticos (Parra; Coutinho; Pessano, 2019).

Sobre a diferença entre a bibliometria e a cienciometria Courtial (1990) comenta que:

A Bibliometria é a contagem de tudo o que pode entrar em uma biblioteca científica e ainda é uma abordagem quantitativa das técnicas de gestão de biblioteca. A Cientometria é a generalização destas técnicas - a partir não somente dos documentos publicados, mas também das **citações recebidas** pelos documentos, **as patentes** etc. - com a finalidade de gestão da atividade de pesquisa científica. (Courtial, 1990, p.7, grifo meu)

Portanto, a área da cienciometria busca quantificar e estudar a produção científica, olhando não só para os dados estatísticos, mas as possíveis associações políticas, sociais, econômicas na produção de um artigo científico, ou da instituição de um grupo de pesquisa referência em alguma área.

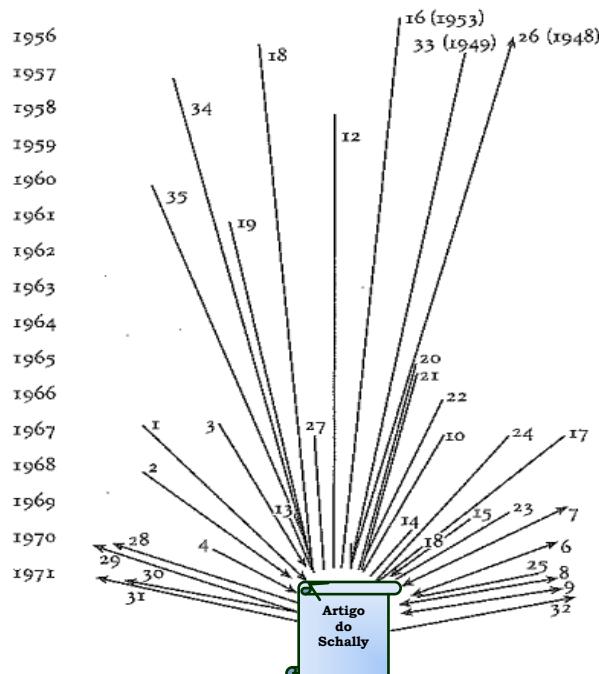
Araújo (2009) realizou um estudo sobre a influência de Latour na área da ciência da informação, e entre os trabalhos ele destaca o *How to measure the degree of independance of a research system*, um estudo cienciométrico publicado em 1982 no *Scientometrics* por Latour em parceria com Maya Sigogneau e Jean-Pierre Courtial. Os autores, utilizaram dados da Pascal, uma base de dados bibliográficos francesa, para analisar os campos da ciência da vida e da terra, focando as contribuições dos países centrais e

⁷⁷ Segundo Parra, Coutinho e Pessano (2019) Cienciometria também pode receber o nome de Cientometria.

periféricos, e o estudo mostrou a dependência e hegemonia da língua inglesa na produção científica, nas suas palavras “é no Centro que se decide o que é vale a pena estudar e como estudá-lo” (Jagodzinski-Sigogneau; Courtial; Latour, 1982, p. 132).

Saltando para um trabalho cienciométrico mais recente e que me influenciou na escrita desta tese, Latour (2011) compara um texto sem referências com uma criança desacompanhada caminhando a noite por uma grande cidade, ambos se encontram isolados e perdidos, podendo acontecer-lhes qualquer coisa, esses dois personagens correm riscos, e aqui pensando no texto dificilmente se tornará científico, já que não assentou referências. Sabemos que o GHRH de Schally virou ficção, entretanto, este cientista realizou algumas ações para prolongar, ou ao menos, colocar em suspenso o *status* de ficção para o hormônio do crescimento. Schally reportou textos anteriores em um dos seus artigos, como mostra o estudo cienciométrico realizado por Latour (2011) representado na Figura 10.

Figura 10 - Estudo cienciométrico do artigo de Schally realizado por Latour.



As setas voltadas para o texto constituem o paradigma adotado;
 As setas que partem do texto discutem os artigos a que se fez referência (só um, é crítico);
 As setas com duas direções referem-se a trabalho anterior feito pelo mesmo grupo: a mesma questão.

Fonte: Adaptado de Latour (2011).

A Figura 10 indica que o artigo do Schally está ligado a outros 35 artigos no período de 1948 a 1971, um grupo de aliados que o autor utiliza para defender a estrutura do GHRH. Latour (2011) não estabelece parâmetros para os estudos de citação, assim, busquei em outros autores que estudam a análise relacional de citações para me ajudar no processo de descrição da produção textual envolvendo a RA e a educação química.

A análise relacional de citações permite identificar os grupos de cientistas, suas publicações (Glänzel, 2003), os procedimentos metodológicos, ou seja, permite conhecer as relações, a proximidade, a associação e a interlocução estabelecida entre os documentos, pesquisadores, periódicos (Grácio, 2016).

O monitoramento da produção textual pode ser realizado utilizando dados, como título, nome do autor, palavras-chave, etc, que possibilitam produzir e analisar as redes de autoria, coautoria, cocitação, coocorrência de palavras-chave, acoplamento bibliográfico, entre outros (Freitas; Paiva, 2018; Grácio, 2016).

Essas redes podem ser construídas e visualizadas por softwares de mapeamento bibliométrico, e neste trabalho utilizei o *VOSViewer*, que diferentemente de outros softwares, prioriza a representação gráfica dos mapas bibliométricos, por meio de funcionalidades de zoom, algoritmos especiais de rotulagem e de densidade, e rolagem e busca, tornando mais fácil a interpretação das redes (Eck; Waltman, 2012).

O *VOSViewer*^{78,79} é um programa de computador desenvolvido por Nees Jan van Eck e Ludo Waltman, pesquisadores do Centro de Estudos de Ciência e Tecnologia (CWTS) da Universidade de Leiden na Holanda, que pode ser usado para construir redes de autores ou periódicos, por meio da base de dados das relações de citação, de acoplamento bibliográfico, de cocitação ou de coautoria, bem como a coocorrência de termos presentes no corpo do documento, como as palavras-chaves, sendo que estas redes são construídas pela técnica de VOS (visualização de semelhança) de

⁷⁸ O *VOSViewer* pode ser baixado gratuitamente pelo site www.vosviewer.com.

⁷⁹ O Laboratório em Rede em Humanidades Digitais (LARHUD) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) elaborou um tutorial sobre o software *VOSViewer* que pode ser acessado pelo site <http://www.larhud.ibict.br/index.php?title=VosViewer>.

mapeamento (Eck; Waltman, 2012).

A representação produzida por esse software é chamada por Venturini, Munk e Jacomy (2018) de rede de comunicação digital, que é produzida no fluir das infraestruturas digitais e tornam segundo Latour (1998) as conexões sociais mais materiais e rastreáveis, uma vez que os dados digitais são organizados como redes, e as inscrições que eles produzem são originalmente relacionais, o TPC/IP (Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet), o HTTP (Protocolo de Transferência de Hipertexto), o DOI (Digital Object Identifier) e todos os principais protocolos e sistemas de comunicação digital são baseados em relações.

Uma vez que a informação pode ser obtida por meio de cabos, *bytes*, modens, tomadas etc., de fato passamos a olhar para o que acontece na sociedade atentando para seu aspecto material. A sociedade virtual, desse modo, não é algo do futuro, mas é a materialização, a rastreabilidade da sociedade. A sociedade virtual se torna visível por causa da necessidade obsessiva de materializar a informação em cabos e em dados (Latour, 1998, p. 4).

Portanto, os estudos de redes digitais possibilitam novas formas de compreender a sociedade, ou nas palavras de Venturini, Jacomy e Pereira (2015, p. 1) uma nova forma de rastrear a vida coletiva das “redes de telecomunicações, redes neurais, redes sociais, redes epigenéticas, redes ecológicas e econômicas, o próprio tecido de nossa existência parece ser feito de linhas e pontos” de conexões entre humanos, atividades automatizadas e objetos nativos digitais (Omena; Amaral, 2019).

A análise dessas redes, segundo Venturini, Jacomy e Pereira (2015a,b) não deve centrar-se apenas em métricas matemáticas, os autores propõem uma *estrutura provisória* de análise visual de redes, um processo que requer reflexividade e formalização que veremos na próxima seção.

5.1.3 Análise Visual de Redes

Ao olhar para uma rede especializada-por-força produzida por um software de manipulação de redes, como o *VOSviewer*, podemos ter segundo Venturini, Jacomy e Pereira (2018) uma experiência visual tanto das métricas de análise de rede, quanto das *noções* da Teoria Ator-Rede de

seguir atores, em que numa análise de redes os pesquisadores experimentam *variações* na densidade das associações.

A densidade das associações não é homogênea na trama social, mas a homogeneidade pode ser percebida quando olhamos para as redes especializadas-por-força, onde os nós e arestas não estão dispostos de maneira ordenada: alguns se agrupam e outros se repelem de forma mutua, formando os agrupamentos que são separados por espaços “vazios”, não de uma noção absoluta, positiva e emergente, pois as fronteiras são sempre relativas, relacionais e construídas (Venturini; Munk; Jacomy, 2018).

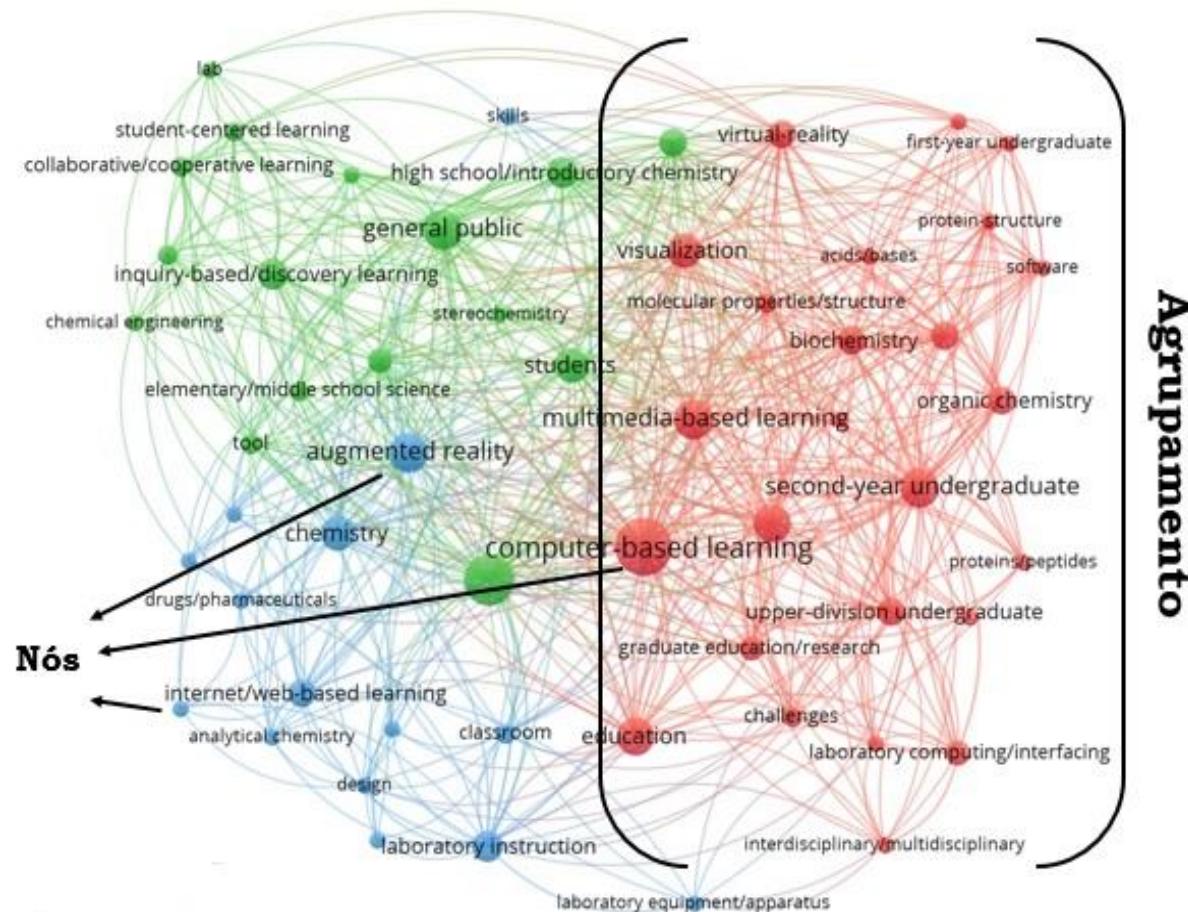
Assim, quando falamos de Ator-Rede, Análise de redes e redes digitais, talvez estejamos falando das mesmas redes, sob a condição segundo Venturini, Jacomy e Pereira (2018, p. 22) de reconhecermos “que não estamos falando sobre os nós ou as estruturas, os atores e as redes, os grupos e os agrupamentos, as arestas e as associações, mas sobre a contínua, mas não homogênea, fabricação da existência social”.

Arestas, nós, agrupamentos, espacialização, centralidade, são vocábulos da matemática e da geografia que pegamos emprestados para realizar as análises visuais de rede. Na Figura 11 temos a representação de um grafo sobre a coocorrência de palavras-chaves do *corpus* desta pesquisa.

O grafo de coocorrência das palavras-chaves⁸⁰ dos artigos que compõe esta pesquisa, contém 56 nós e 3 agrupamentos que podem ser identificados pela diferença de coloração, e na Tabela 2 está quantificada a ocorrência de cada palavra-chave.

⁸⁰ No Apêndice B, é possível acompanhar o processo detalhado da produção da rede de coocorrência de palavras-chaves produzida com o VOSviewer.

Figura 11 – Rede de coocorrência de palavras chaves do *corpus* da minha pesquisa.



Fonte: Plataforma WoS; VOSviewer; próprio autor (2022).

Tabela 2 – Ocorrência das palavras-chaves.

Palavra-chave	Ocorrência
Computer-based learning	16
First-year undergraduate/general	13
Augmented reality	9
General public	9
Multimedia-based learning	9
Second-year undergraduate	9
Education	8
Hands-on learning/manipulatives	8
Chemistry	7
Students	7
Visualization	7
High school/introductory chemistry	6
Inquiry-based/discovery learning	6
Laboratory instruction	6
Biochemistry	5

Internet/web-based learning	5
Models	5
Molecular modeling	5
Organic chemistry	5
Upper-division undergraduate	5
Virtual-reality	5
Distance learning/self instruction	4
Graduate education/research	4
Laboratory computing/interfacing	4
Challenges	3
Classroom	3
Collaborative/cooperative learning	3
Elementary/middle school science	3
Humor/puzzles/games	3
Molecular properties/structure	3
Student-centered learning	3
Tool	3
Acids/bases	2
Analytical chemistry	2
Chemical education	2
Chemical engineering	2
Communication/writing	2
Computational chemistry	2
Curriculum	2
Design	2
Drugs/pharmaceuticals	2
Engagement	2
First-year undergraduate	2
Inorganic chemistry	2
Interdisciplinary/multidisciplinary	2
Lab	2
Laboratory equipment/apparatus	2
Organic-chemistry	2
Protein-structure	2
Proteins/peptides	2
Public understanding/outreach	2
Science	2
Skills	2
Software	2
Stereochemistry	2
System	2

Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2022).

(2015a,b) embasaram-se na semiótica visual de Jacques Bertin para propor uma *estrutura provisória* de análise visual de redes, que é dividida em *três etapas* que analisa as *posições dos nós*, os *tamanhos dos nós* e as *cores dos nós*, isto porque os nós são posicionados de acordo com sua conectividade, seu tamanho é proporcional a sua importância e a coloração deve-se à sua categoria (Venturini; Jacomy; Jensen, 2021; Venturini; Jacomy; Pereira, 2015b, 2015a).

Na representação gráfica de redes, das três variáveis utilizadas (posição, tamanho e matiz) a primeira é a mais importante. Diferentemente dos mapas geográficos, em que os pontos são projetados a partir de um conjunto de regras preestabelecido, nas redes a posição dos nós não é guiada por coordenadas pré-existentes, na verdade a posição dos nós é determinada pelo esforço em minimizar a confusão visual (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015a), cuja a regra de Venturini, Jacomy e Pereira (2015b) estabelece que o menor número de linhas cruzadas facilita a visualização da rede.

Entretanto, em redes maiores, essa regra não funciona, e a solução técnica de espacialização são os algoritmos de posicionamento direcionados à força, que funcionam simulando um sistema de forças físicas, que enquanto os nós são carregados com uma força repulsiva que os separam as arestas funcionam como uma mola delimitando os nós que eles conectam. Quando o algoritmo é iniciado ele altera a disposição dos nós até atingir o equilíbrio das forças, minimizando o número de cruzamentos de linhas para facilitar a legibilidade do grafo (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015b). Além de diminuir o cruzamento dessas linhas, os autores comentam ainda que, os algoritmos de forças de vetores estabelecem a disposição dos nós no grafo, garantindo “que a distância entre os nós seja aproximadamente proporcional à sua equivalência, ou seja, o número de vizinhos que eles têm em comum (dividido pelo número total de seus vizinhos)” (*ibidem*, p. 3), assim o tamanho dos nós e a distância entre eles tem significância, indicando por exemplo, a relevância/influência de um artigo/autor, as similaridades temáticas, ou a coocorrência de palavras-chaves de um conjunto de artigos como representada na Figura 11.

A espacialização da rede apresenta diferentes densidades que podem ser identificadas pelas regiões com numerosos nós e regiões (quase) vazias. Essas diferenças traduzem as propriedades matemáticas de conectividade de aglomeração ou separação entre nós e agrupamentos na rede (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015b).

Tanto as regiões com alta densidade de nós e agrupamentos, quanto as vazias, trazem informações importantes, Venturini, Jacomy e Pereira (2015b) chamam as zonas vazias de “buracos estruturais” que denotam a ausência de conexão entre os agrupamentos, tal ausência em grafos densos pode significar oposição de referencial teórico ou metodológico, por exemplo; e caso esses espaços sejam menores podem denotar distinções sem oposição, que é o caso da grafo de coocorrência representada na Figura 11, uma vez que não encontramos buracos estruturais grandes.

O grafo de coocorrência de palavras-chaves dos artigos envolvendo a RA e a educação química, foi produzido com o *VOSviewer* pelo critério de ocorrência de ao menos 2 vezes da palavra-chave, ou seja, o grafo apresenta as palavras-chaves que apareceram em pelo menos 2 artigos.

Segundo Freitas e Paiva (2018), a análise de rede de coocorrência de palavras-chaves permite identificar a frequência e as relações mais próximas ou distantes entre uma determinada quantidade de citações. A ocorrência das palavras-chaves fornece informações sobre o conteúdo central dos artigos. Desta forma, por meio da análise de palavras-chaves podemos identificar pesquisas em desenvolvimento, assim como fronteiras relativas a um campo do conhecimento dependendo da disposição dos agrupamentos na rede (He, 1999).

Conforme indica a Figura 11, a rede de coocorrência de palavras-chaves apresenta 3 agrupamentos principais sem buracos estruturais grandes, o que indica separação sem oposição, isto porque estamos⁸¹ analisando a coocorrência de palavras-chaves e neste sentido a separação ocorre justamente por não serem utilizadas nos mesmos artigos.

Após a identificação dos agrupamentos é necessário segundo

⁸¹ Utilizo o verbo no plural, pois a análise dos dados foi realizada com os não humanos como a plataforma da WoS, o programa *VOSviewer*, o Excel, o Word, o notebook.

Venturini, Jacomy e Pereira (2015a, p. 7) “encontrar um “nome coletivo” adequado para cada grupo de nós” procurando estabelecer o que eles (ou a maioria deles) tem em comum. Os autores pontuam ainda que para descobrir essas semelhanças a análise visual de rede deve sempre ser acompanhada por uma pesquisa qualitativa de leitura do *corpus* da pesquisa (*ibidem*), e foi por isso que consegui estabelecer um (a) nome (descrição) coletivo (a) para os agrupamentos da rede de coocorrência de palavras-chaves, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 4 – A descrição coletiva da rede de coocorrência de palavras-chaves do *corpus* da pesquisa.

Agrupamento	Palavras-chaves (ocorrência)	Descrição coletiva
Agrupamento 1 (Vermelho)	Computer-based learning (16) First-year undergraduate/general (13) Second-year undergraduate (9) Multimedia-based learning (9) Hands-on learning/manipulatives (8) Visualization (7) Education (8) Biochemistry (5) Upper-division undergraduate (5) Molecular modeling (5) Virtual reality (5) Organic chemistry (5) Graduate education/research (4) Laboratory computing/interfacing (4) Molecular properties/structure (3) Challenges (3) Protein-structure (2) Software (2) Acids/bases (2) Inorganic chemistry (2) Proteins/peptides (2) Curriculum (2) Interdisciplinary/multidisciplinary (2) System (2) Organic-chemistry (2)	Aprendizagem móvel no ensino superior de visualização e manipulação de moléculas/proteínas e laboratório e reações na área de química inorgânica, orgânica e bioquímica.
Agrupamento 2 (Verde)	General public (9) Students (7) High school/introductory chemistry (6) Inquiry-based/discovery learning (6) Models (5) Distance learning/self instruction (4) Collaborative/cooperative learning (3) Elementary/middle school science (3) Humor/puzzles/games (3) Student-centered learning (3)	Aprendizagem por descoberta e colaborativa para o público em geral (ensino fundamental, médio e superior) com jogos (gamificação)

	Tool (3) Chemical engineering (2) Communication/writing (2) First-year undergraduate (2) Lab (2) Stereochemistry (2)	
Agrupamento 3 Azul	Augmented reality (9) Chemistry (7) Laboratory instruction (6) Internet/web-based learning (5) Classroom (3) Analytical chemistry (2) Chemical education (2) Computational chemistry (2) Design (2) Drugs/pharmaceuticals (2) Engagement (2) Laboratory equipment/apparatus (2) Public understanding/outreach (2) Science (2) Skills (2)	Realidade aumentada e aprendizagem móvel em química de práticas laboratoriais/equipamentos de analítica.

Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2022).

Outro aspecto visual importante de ser analisado é a densidade e o tamanho dos agrupamentos, estas duas propriedades segundo Venturini, Jacomy e Pereira (2015b) expressam equilíbrio de força da rede, isto porque enquanto o tamanho dos agrupamentos representa o número de nós que eles têm, a densidade mede a coesão dos agrupamentos, quando estes estão apertados significa que contém muitas arestas e quando estão soltos indica que seus nós possuem poucas arestas, isso significa que, um alto número de arestas indica a atividade de uma comunidade, os atores se conhecem e se reconhecem por meio de suas citações. Já a baixa densidade pode denotar que os nós não conhecem ou desconsideram (por competição ou controvérsia) seus vizinhos. Além disso, as conexões entre os aglomerados de baixa densidade acontecem não pela similaridades, mas pela separação mais forte do restante da rede, formando assim os “buracos estruturais” (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015b).

A centralidade e as pontes dos agrupamentos, marcam o que Venturini, Jacomy e Pereira, (2015b) chamam de posições notáveis. Segundo os autores a centralidade pode ser global, quando estamos falando de toda rede, ou local quando olhamos para um único agrupamento. Esses dois tipos de centralidade são formados por condições diferentes: os elementos

centrados globalmente estão nesta posição pelo fato de estarem igualmente ligados a todas as regiões da rede, já os centrados localmente estão nesta posição por estarem ligados predominantemente no interior de um agrupamento.

As conexões de dois ou mais nós e/ou agrupamentos são indicadas pelas pontes, que podem estar localizadas fora dos agrupamentos indicando conexões com a rede, ou dentro de um agrupamento, caso os nós estejam mais conectados ao agrupamento do que com os outros elementos da rede. As pontes podem ser feitas tanto por nós quanto por pequenos agrupamentos (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015b).

Vale pontuar que, quando não conseguimos confirmar de forma qualitativa o conteúdo e uma ponte de um nó, a melhor opção é ignorá-la, isto porque “o objetivo da análise visual de redes não é explicar a posição de cada nó, mas de detectar grandes tendências e nós notáveis” (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015b, p. 13).

Até agora a análise centrava-se na posição dos nós e agrupamentos, agora vamos para a segunda e terceira etapas da análise visual de redes, o tamanho e a coloração dos nós, respectivamente.

Para analisar o tamanho dos nós, precisamos olhar para o número de arestas que chegam (grau de entrada) e as arestas que saem (grau de saída) deles. Isso possibilita estabelecer um ranking que permite identificar as autoridades e os *hubs*. As primeiras são os nós de destino de muitas arestas, e os *hubs* são as origens de muitas arestas, em outras palavras, as autoridades são muito citadas enquanto os *hubs* citam muito, assim, tanto as autoridades quanto os *hubs* são nós influentes na rede (Venturini; Jacomy; Pereira, 2015a).

A última etapa de análise é a das cores. A coloração de um nó é estabelecida pela categoria que ele pertence, que no caso de estudos bibliométricos está relacionado com a proximidade de temas, palavras-chaves citadas juntas, autores citados juntos, ou ainda que possuem referências em comum. Venturini, Jacomy e Pereira, (2015b) lembram que a cor não é misturável, assim um nó pode ser azul ou verde, mas não as duas cores ao mesmo tempo. Os autores acrescentam que a distribuição das cores

indica correspondência tipológica e topológica da rede, isto porque os nós da mesma cor tendem a estar mais próximos do que os nós de cores diferentes, essa correspondência pode ser usada para explicar os padrões em uma rede.

A descrição destas três etapas de uma análise visual de redes nos faz retornar ao apontamento de Venturini, Jacomy e Pereira (2015a, b) que iniciou essa seção de que nosso olhar analítico deve ir além das métricas matemáticas, e isso requer engajamento e criatividade do pesquisador, onde o trabalho de analisar essas redes especializadas-por-força não é de impor respostas, mas de sugerir *insights*.

Venturini, Jacomy, e Pereira (2015b, p. 19) nos alertam que é impossível realizar uma análise visual de redes “sem algum conhecimento prévio dos dados e do fenômeno a que se referem”, a análise de pesquisa visual é uma técnica inovadora, tanto o método quanto seus objetos (Hiperlinks, citações, coocorrência de palavras, entre outros) ainda são pouco explorados, e o fundamento de validade do método está justamente na consistência entre o que observamos na rede e o que já sabemos sobre o fenômeno a que se refere. O movimento de análise visual de redes desafia o pesquisador a buscar um terreno de conhecimento anterior e então se abrir para novas descobertas que ainda não tinha pensado, uma atividade que até certo ponto pode ser comparada com a arte de interpretar padrões na borra de café, “não diferentemente das melhores formas de adivinhação, a análise visual é de fato destinada a confrontar o inquiridor com seus dados, explorar suas redes, questionar suas ideias” (*ibidem*).

Retornando a Figura 11 da rede de coocorrência de palavras chaves e o Quadro 4, encontramos os agrupamentos 1, 2 e 3 que apresentam semelhanças entre si, principalmente em relação a educação móvel que segundo a UNESCO (2013) envolve o uso de tecnologias móveis que possibilita a aprendizagem em qualquer hora e lugar. Na aprendizagem móvel (em química) a RA aparece como uma tecnologia emergente, aplicada principalmente no ensino superior nas temáticas do mundo submicroscópico dos átomos e moléculas e do ambiente laboratorial, seja dos equipamentos ou das reações.

A aprendizagem móvel está presente em todos os

agrupamentos, sendo associada com uso de tecnologias digitais e da RA nas aulas de química, vários autores pontuam o amplo acesso aos *smartphones* pelos estudantes e o acesso gratuito aos aplicativos de RA:

ART01: *Estudos realizados pela Universidade Pedagógica Estadual de Kryvyi Rih (KSPU) mostrou que 99% dos alunos entrevistados possuem smartphone ou tablet, 62% possuem smartphone e tablet, 34% possuem smartphones baseados em iOS e 58% em Android⁸². (p. 160, tradução minha, grifo meu).*

ART10: *Nos Estados Unidos, uma pesquisa de dezembro de 2016 revelou que 92% dos jovens entre 18 e 29 anos possuem pelo menos um smartphone⁸³. (p. 397, tradução minha, grifo meu).*

ART24: *Embora a impressão 3D esteja se tornando mais barata e acessível ao consumidor em geral, ela não é tão onipresente quanto um smartphone. Em 2018, 1,42 milhão de impressoras 3D foram vendidas em todo o mundo, cerca de 1.000 vezes menos que o número de smartphones (1.556,27 milhões)⁸⁴. (p. 1790, tradução minha, grifo meu).*

ART08: *[...] fornecemos um banco de dados on-line gratuito e acessível ao público para modelos RA e 3D. Tal abordagem pode ser facilmente implementada em cursos de graduação e pós-graduação em Química inorgânica para demonstrar moléculas complexas, ser complementar à química molecular inorgânica e do estado sólido, bem como cursos gerais de química estrutural⁸⁵. (p. 4515, tradução minha, grifo meu).*

ART15: *O BiochemAR está disponível gratuitamente para os sistemas operacionais Android e iOS. A navegação pelo aplicativo é baseada em botões simples e sensíveis ao toque na tela⁸⁶. (p. 150, tradução minha, grifo meu).*

⁸² Studies conducted because of Kryvyi Rih State Pedagogical University (KSPU) showed that 99% of the students interviewed either have a smartphone or tablet, 62% have both a smartphone and a tablet, 34% have smartphones based on iOS and 58% on Android.

⁸³ In the United States, a December 2016 poll revealed that 92% of youths between 18 and 29 years own at least one smartphone.

⁸⁴ Even though 3D printing is becoming cheaper and accessible to the general consumer, it is not as ubiquitous as a smartphone. In 2018, 1.42 million 3D printers were sold, about 1000 times less than the number of smartphones (1,556.27 million).

⁸⁵ [...] we provide a free, publicly accessible, online database for both AR and 3D models. Such an approach can easily be implemented in inorganic undergraduate and graduate Chemistry degree courses to demonstrate complex molecules, be supplementary to inorganic molecular and solid-state chemistry, as well as general structural chemistry courses.

⁸⁶ BiochemAR is freely available for both Android and iOS operating systems. Navigation through the app is based on simple on-screen touch-sensitive buttons.

Os autores tentam nos convencer associando a RA com a ubiquidade dos *smartphones* na vida dos estudantes, e também relacionando com o acesso a outros aparatos tecnológicos como a impressora 3D. Os autores do ART24 apresentam o BioSIMAR, um aplicativo de projeção de 70 moléculas em 3D, pontuando que apesar da tecnologia de impressão 3D estar mais acessível, nada não é tão onipresente quanto um *smartphone*.

Apesar do inegável progresso tecnológico das últimas décadas, das grandes porcentagens de usuários de *smartphones*, seu desenvolvimento nem sempre está atrelado com a justiça e a igualdade social, apesar dos avanços ainda continuamos deficientes, o agenciamento do Coronavírus evidenciou tanto a importância das tecnologias digitais e da internet para trabalhar, estudar, consumir, socializar, quanto a necessidade de ampliar o acesso e a infraestrutura tecnológica para a educação, dados de Lima (2020) apontam que quase 40% dos estudantes do ensino médio compartilharam os aparelhos com outras pessoas para acessar a internet durante o ensino remoto.

Portanto, o *smartphone* é um ator não-humano que assume duas operações: amplificação e redução (Latour, 2017) na produção da rede em defesa do uso da RA nas aulas de química. De amplificação (ganho/fortalecimento), num espaço em que a maioria dos estudantes tem o acesso ao *smartphone*, caso dos ART01 e ART10, e o de redução (perda/enfraquecimento), num espaço em que poucos estudantes têm o acesso ao *smartphone*, caso da realidade brasileira, ou seja, o enunciado em torno do acesso a esse aparato tecnológico enfraquece o uso da RA nas aulas de química, já que em nosso país quase 40% dos estudantes compartilharam durante seus estudos remotos, um mesmo *smartphone* com toda a família.

Outra associação recorrente nos artigos tem ligação com o movimento *Do It Yourself* (DIY), que também foi encontrado associado à ciência química na pesquisa de Gomes e Oliveira (2019). Segundo os autores, o movimento do “faça você mesmo” surgiu em meados dos anos 70 com os artistas e músicos do movimento de contracultura, o punk, que lutavam contra controle hegemônico das grandes empresas musicais.

As ideias de liberdade do cenário *underground*, da produção

independe de músicas para um público específico, reverberaram no campo da produção de informações da rede mundial de computadores, nascia então nos anos 90 o *cyberpunk*, onde seus adeptos produziam e publicavam seus próprios conteúdos na rede (Gomes; Oliveira, 2019).

Segundo Prado (2017, p. 1) no começo do século XXI o DIY estava relacionado com a condição de ser *cool*⁸⁷, daquele que fabrica sua própria cerveja, suas próprias roupas e até mesmo seus móveis, “tudo para escapar do stress da vida moderna e da escravidão à[s] tecnologia[s] [digitais]” (acríscimo nosso).

Entretanto, os autores dos artigos sobre RA aproximam-se mais no movimento DIY atrelado a cultura *maker*, justamente porque as tecnologias digitais são atores que produzem a rede do discurso da fabricação autônoma.

Segundo Lemos (2014) esta extensão tecnológica do movimento DIY ficou conhecida como *Maker Movement* ou Movimento dos Fazedores, que graças a web e as tecnologias digitais produzem todo tipo de coisas com suas próprias mãos, em locais como os Laboratórios de Fabricação Digital, os *FabLabs*, “espaços colaborativos que reúnem equipamentos e ferramentas para o desenvolvimento de projetos” (Rocha; Cavalcante, 2019, p. 332). A cultura *maker* tem arregimentado muitos adeptos, principalmente pela mudança na noção de “posse e guarda” para a do “acesso e compartilhamento”, e uma área de atuação dessa noção é a da digitalização e design de desenhos e objetos, que acontece no mundo flexível e dinâmico dos bits (Lemos, 2014), como por exemplo as plataformas *software livre*⁸⁸ *Libre Office*, *Gimp* e *HumHub*.

Na tentativa de arregimentar os educadores químicos, os artigos trazem atores não humanos, as plataformas de *software livre* como *HP Reveal*, *Vuforia* e *Unity*.

ART11: *Para a implementação da RA no ensino de instrumentação analítica, um dos aspectos-chave foi a utilização de uma plataforma de código aberto que não necessitava de*

⁸⁷ Cool tem o significado aqui de alguém descolado, legal.

⁸⁸ O conceito livre aqui tem o mesmo significado proposto por Lemos (2014) que se refere à liberdade de utilizar, copiar e modificar algum software.

nenhum equipamento especializado para funcionar. Como a maioria dos alunos já está familiarizada com a integração de dispositivos móveis na instrução, um aplicativo que pudesse ser facilmente usado em smartphones era o ideal. Um dos aplicativos mais utilizados para esse fim é a **plataforma HP Reveal Augmented Reality Studio (antiga Aurasma)**, na qual os instrutores podem criar conteúdo em um portal baseado na web que os alunos podem acessar por meio de um aplicativo para smartphone⁸⁹. (p. 593, tradução minha, grifo meu).

ART23: Metaverse é uma plataforma gratuita que permite a criação de experiências ilimitadas de realidade aumentada sem a necessidade de codificação. [...] O Metaverse foi lançado em 2017 e é uma plataforma democratizada que permite que qualquer pessoa crie conteúdo interativo em realidade aumentada⁹⁰. (p. 1370, tradução minha, grifo meu).

ART01: Via de regra, a **introdução de tecnologias de RA no processo educacional não requer custos financeiros significativos**.

Até o momento, o **acesso total ou parcialmente gratuito** tem uma série de aplicativos para a criação de produtos de realidade aumentada, entre os quais as **plataformas mais populares ARToolKit, HP Reveal (Aurasma), Vuforia, Augment**⁹¹. (p. 159, tradução minha, grifo meu).

ART09: Felizmente, o software para criar aplicativos simples de AR está se tornando comum, e agora existem vários softwares gratuitos para criar aplicativos personalizados. **Isso abre a oportunidade para um químico sem experiência em programação** criar seu próprio aplicativo de AR e incluir suas próprias moléculas de interesse⁹² (p. 1487, tradução minha, grifo meu).

⁸⁹ For the implementation of AR into the instruction of analytical instrumentation, one of the key aspects was the use of an open source platform that did not require any specialized equipment to work. As most students are now familiar with having mobile devices integrated into instruction, an application that could easily be used on smartphones was ideal. One of the most widely used applications for this purpose is the HP Reveal Augmented Reality Studio platform (formerly Aurasma), in which instructors can create content on a web-based portal that students can access through a smartphone application.

⁹⁰ Metaverse is a free platform that permits unlimited augmented reality experiences to be created without the need for coding. [...] Metaverse was launched in 2017, and the company describes it as a democratized platform that lets anyone create interactive content in augmented reality.

⁹¹ As a rule, the introduction of AR-technologies into the educational process does not require significant financial costs.

To date, fully or partially free access has a number of applications for creating Augmented reality products, among which the most popular ARToolKit, HP Reveal (Aurasma), Vuforia, Augment platforms.

⁹² Fortunately, software to make simple AR apps is becoming common, and ranges of free software now exist to make customized apps. This opens the opportunity for a chemist with no programming experience to create their own AR app and include their own molecules of interest.

As associações entre estas plataformas e o fácil trabalho de produção, traduzem a noção da cultura *maker* do compartilhamento de recursos abertos, onde as pessoas podem usufruir gratuita e coletivamente, ou no caso dos artigos citados, os professores de química, mesmo sem conhecimento de programação, podem produzir ambientes de RA porque as plataformas *HP Reveal*, *Vuforia*, *Unity*, *Augment*, são gratuitas e fáceis de trabalhar. Tais associações levam os professores de química para espaços virtuais, de dados digitais, rompendo assim, os espaços físicos.

Aqui podemos perceber o movimento de tradução, que consiste na criação de conexões que não existiam antes e que modificaram em algum grau os elementos (Latour, 1994), no caso, os humanos (professores de química) e os não humanos (sistemas operacionais, *smartphone*, plataformas de softwares livres).

Entretanto, vale pontuar que arregimentar aliados requer constante esforço de “amarrar” todos os interesses, é preciso “estar em toda parte no espaço e eternamente no tempo, é preciso trabalhar, fazer conexões, aceitar retroadaptações” (Latour, 2011, p. 206), caso contrário não teremos mais a rede.

5.1.4 A Rede de Acoplamento Bibliográfico

No movimento de descrição da produção textual envolvendo a RA e a educação química utilizarei o que Grácio (2016) considera como um dos principais métodos de análise relacional de citações: o acoplamento bibliográfico (AB), cuja análises produzem indicadores bibliométricos das similaridades temáticas entre os documentos pesquisados.

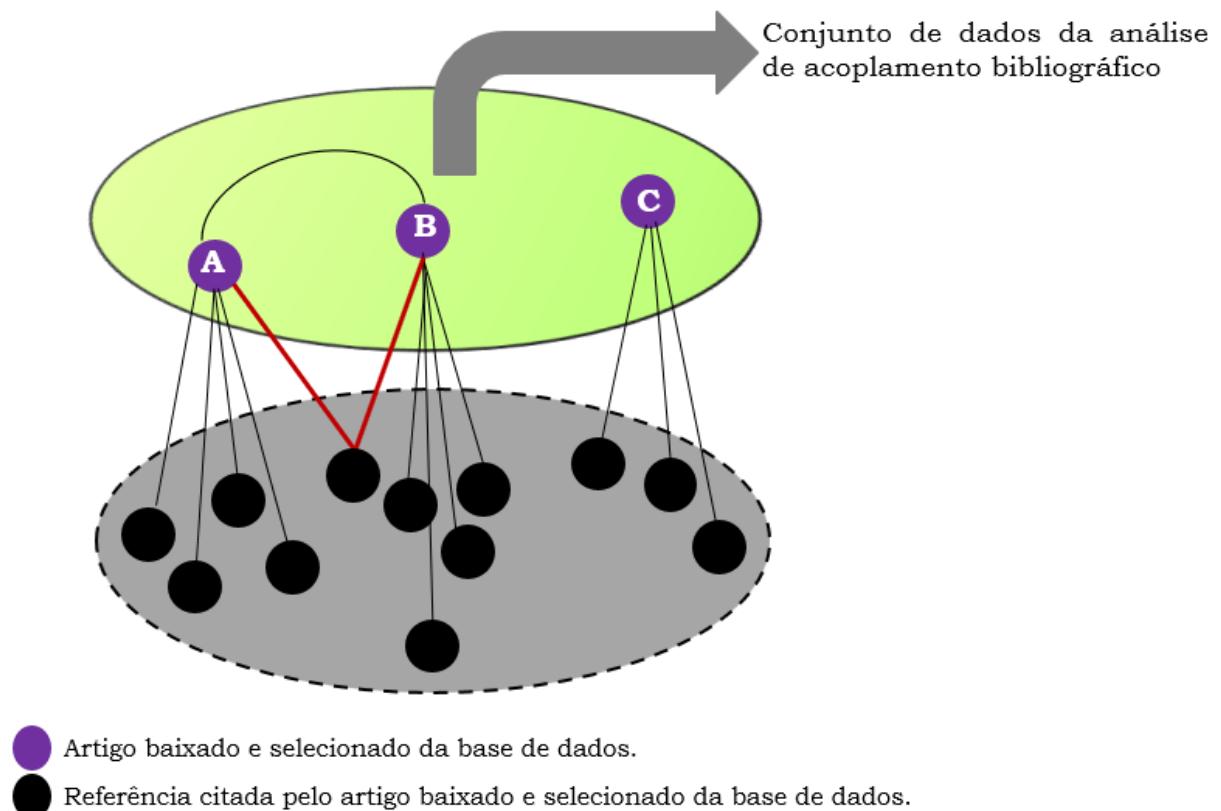
A análise de AB foi proposta por Kessler (1963) e mede a relação entre dois artigos a partir do número de referências em comum citadas. Segundo Kessler (1963) o conjunto de referências comuns citadas entre autores evidencia o ambiente intelectual no qual trabalham, ou seja, as referências similares entre artigos indicam proximidades temáticas. Entretanto, para Lucas, Garcia-Zorita e Sanz-Casado (2013, p. 262) a análise de referências bibliográficas identifica não só o tema, “mas à

metodologia adotada ou a outra particularidade compartilhada entre os documentos”, e a intensidade do acoplamento está relacionada com a quantidade de referências citadas em comum, quanto maior a quantidade de referências citadas em comum, maior serão as similaridades entre os documentos (Zhao; Strotmann, 2008).

Deste modo, a análise de AB possibilita a investigação do desenvolvimento das linhas de pesquisa, permitindo identificar núcleos de pesquisas, os pesquisadores e os artigos mais citados em uma área do conhecimento (Egghe; Rousseau, 2002), assim, o acoplamento expressa as relações entre atores em função do número de referências que eles compartilham.

A produção das redes relacionais de citações pode ser realizada com o *VOSviewer*, como é o caso do AB, uma vez que o programa opera com o conjunto de artigos selecionados e baixados de uma base de dados, (Eck; Waltman, 2012). A exemplificação do conjunto de dados da análise de AB pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 – Exemplificação do conjunto de dados da análise de AB.



Fonte: Próprio autor (2023).

Ao observar a Figura 12, percebemos que o artigo A está acoplado com B, pois apresentam uma referência em comum, esta ligação é representada pela aresta entre os nós, assim quanto mais arestas os nós apresentarem entre si, maior a quantidade de referências em comum, o mesmo vale para a distância entre os nós, sua proximidade revela similaridade temática, o que não ocorre com o artigo C, uma vez que não apresenta ligações com artigos A e B.

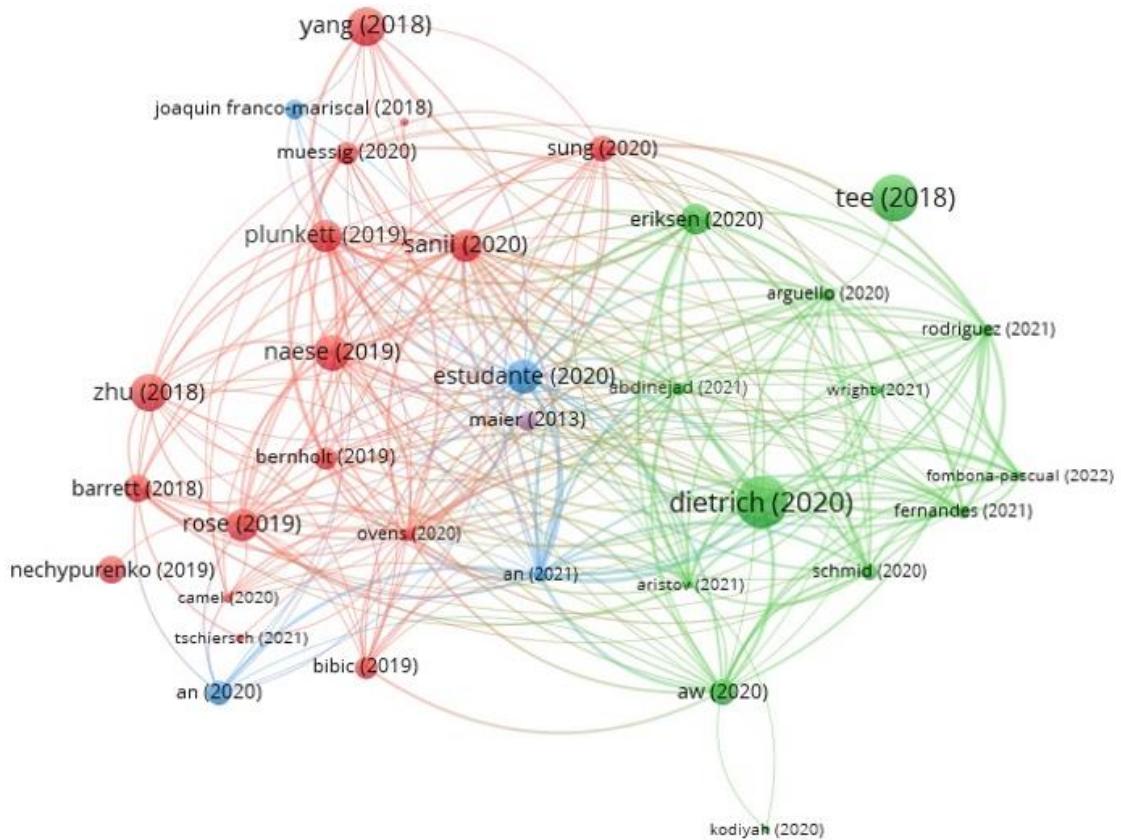
Diante do exposto, considero que análise relacional de citações de AB se assemelha ao processo de descrição que Latour (2011) realiza para seguir a invenção do hormônio do crescimento, chamado por Schally de GHRH. Para tanto, Latour (2011) apresenta um estudo cirométrico com referências anteriores e os textos posteriores da produção desse fato científico, e o AB traz justamente essas informações, as similaridades temáticas entre artigos e as referências em comum presentes, no meu caso, na literatura envolvendo a RA e a educação química.

Como já pontuei no capítulo 2, a porta de entrada do meu estudo foi pelo site da base de dados da WoS pela busca de artigos com as palavras-chaves *"Augmented reality" AND ("Chemical Education" OR "chemistry teaching")*. A rede de AB dos artigos selecionados e baixados está representada na Figura 13.

A rede de AB produzida⁹³ com o VOSviewer é composta por 34 atores, 6 artigos a menos que o *corpus* inicial, isto porque seguindo a orientação de Latour (2011) de que o artigo científico não pode ser ignorado, estabeleci o limite mínimo de pelo menos 1 (uma) citação em um documento.

⁹³ No Apêndice C, é possível acompanhar o processo detalhado da produção da rede de acoplamento bibliográfico produzida com o VOSviewer.

Figura 13: Rede do acoplamento bibliográfico dos artigos envolvendo a RA e a educação química.



Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*.

A rede de AB representada na Figura 13 e a Tabela 3, me ajudou a responder as perguntas que fiz no final da seção 5.1.1, ou seja, os artigos ART06 (Alfaro, *et al.*), ART34 (Chatterjee, *et al.*), ART25 (Wong, C. H. S.; Tsang, K. C. K.; Chiu, Wang-Kin), ART30 (Echeverri-Jimenez, E.; Oliver-Hoyo, M.) e ART07 (Montalbo, S. M.), não mobilizam a rede em torno da produção escrita envolvendo a RA e a educação química, uma vez que não foram citados por trabalhos ulteriores.

Outro artigo que não estabelece relações e não aparece na rede de AB é o ART29 (Willians (2020)), que apesar de possuir 5 citações, não estabeleceu acoplamento bibliográfico com nenhum artigo presente na rede.

Os artigos presentes na rede de AB estão listados na Tabela 3, bem como seu número de citações.

Tabela 3 – Artigos com citações.

Agrupamento	Nó ⁹⁴	Código	Nº de citações
Agrupamento 1 (Vermelho)	Yang (2018)	ART03	31
	Zhu (2018)	ART19	28
	Naese (2019)	ART11	26
	Sanii (2020)	ART16	21
	Rose (2019)	ART33	20
	Plunkett (2019)	ART18	20
	Barrett (2018)	ART38	16
	Nechypurenko (2019)	ART01	15
	Sung (2020)	ART15	13
	Bibic (2019)	ART39	11
	Müssig (2020)	ART26	11
	Bernholt (2019)	ART31	10
	Ovens (2020)	ART22	4
	Camel (2020)	ART37	2
	Tschiersch (2021)	ART02	1
	Zhang (2021)	ART05	1
Agrupamento 2 (Verde)	Dietrich (2020)	ART40	52
	Tee (2018)	ART10	43
	Eriksen (2020)	ART09	19
	Aw (2020)	ART13	14
	Schmid (2020)	ART08	6
	Rodriguez (2021)	ART28	4
	Abdinejad (2021)	ART17	4
	Fernandes (2021)	ART24	4
	Arguello (2020)	ART20	4
	Fombona-Pascual (2022)	ART32	1
	Aristov (2021)	ART21	1
	Wright (2021)	ART35	1
Agrupamento 3 (Azul)	Kodiyah (2020)	ART12	1
	Estudante (2020)	ART23	24
	An (2020)	ART14	12
	Joaquin Franco-Mariscal (2018)	ART36	8
Agrupamento 4 (Roxo)	An (2021)	ART27	4
	Maier (2013)	ART04	8

Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2023).

A rede de AB indica proximidades temáticas, que podemos

⁹⁴ Por questão de espacialidade, existe um limite de letras para os nomes dos nós das redes produzidas com o *VOSViewer*, neste sentido, optei por deixar apenas o primeiro autor dos artigos, entretanto, as referências completas com todos os autores de cada artigo, podem ser consultadas no Apêndice A.

analisar visualmente pela posição, tamanho e cor dos nós, sugerindo *insights* sobre a produção acadêmica envolvendo a RA e a educação química. Com relação a posição dos nós podemos observar que não existem “buracos estruturais”, e isso indica que os artigos não apresentam divergências teóricas e metodológicas entre si.

O tamanho do nó indica o número de citações de um artigo, assim, quanto maior o número de citações, maior será o tamanho do nó, e em cada um dos 4 agrupamentos da Figura 13 podemos observar a relevância ao menos um nó, por exemplo, no Agrupamento 1 (vermelho) o artigo de Yang (2018) é o mais citado (31 citações) na plataforma da WoS, logo o nó correspondente a ele é o maior.

Nas próximas seções discutirei os dados de acoplamento bibliográfico, apresentando as associações entre os atores humanos e não humanos presentes nos artigos de referências em comum que produziram as redes de similaridades temáticas.

5.2 DOS EFEITOS PARA AS ASSOCIAÇÕES

Na seção 2.1 comentei sobre minha dificuldade de entender o processo de uma pesquisa pós-estruturalista, uma vez que não fazia sentido não ter uma metodologia *a priori*, ou caixas para acomodar meus resultados. Parecia que isto estava superado, mas um membro da banca de qualificação escreveu um comentário perguntando se a minha cabeça ainda era estruturalista.

Em um primeiro momento não tinha entendido o porquê daquele comentário, entretanto, ao iniciar minhas correções percebi que aquela indagação me ajudaria a pensar/modificar a escrita da tese, que pensava ser pós-estruturalista. Iniciei as mudanças pelo meu objetivo de investigar os *efeitos* da RA na produção cultural da educação química, para um movimento de descrição das *associações* presentes na produção textual que envolvem a RA e a educação química.

Outro movimento que realizei a partir desse comentário foi de descrever as associações dos atores conjuntamente, e não em seções

separadas, uma vez que colocar os resultados em caixas não faz muito sentido, tanto na perspectiva dos estudos das produções científicas em Latour, quanto pelas associações presentes nos artigos, como o caso das similaridades temáticas entre eles, a exemplo da semelhança que diferentes agrupamentos possuem quanto ao conteúdo de química contido nos aplicativos de RA. Meus movimentos analíticos não estão mais voltados para as estratégias de convencimento, mas para os atores e a suas associações na produção de enunciados responsáveis, em alistar aliados ao uso da RA nas aulas de química.

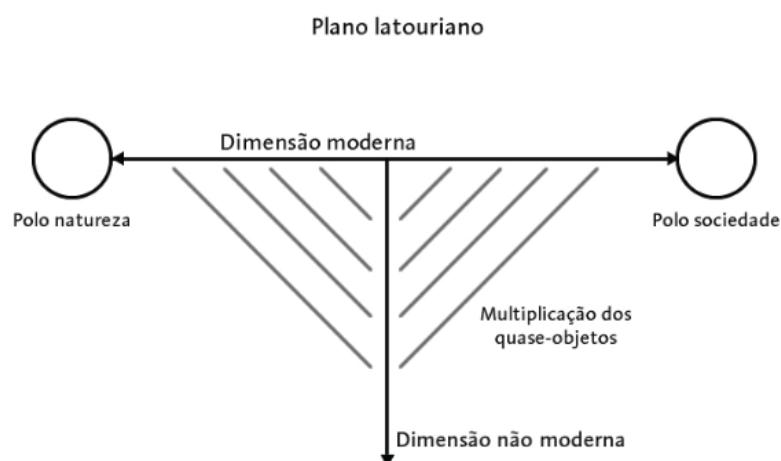
Ao tentar estabelecer categorias, estaria realizando o que Latour (1994) chama de trabalho de *purificação*, que corresponde ao ato de separar/ordenar vinculado a algum critério arbitrário de classificação. Portanto, a purificação provoca a separação total entre dois polos opositivos, sendo de um lado, a classe (A) que apresentam elementos em comum, e do outro a classe diferente (B), que apresenta disparidade entre os elementos que classificaram a classe (A), tendência esta que o moderno tenta realizar para explicar os fenômenos.

Entretanto, para Latour (1994) o projeto moderno oficial fracassa, pois, a própria tendência dualista e purificadora do moderno gera híbridos, nas suas palavras: “quanto mais nos proibimos de pensar os híbridos, mais seu cruzamento se torna possível” (p. 16-17). A superação do dilema moderno, a partir do pensamento latouriano, está em pensar um outro esquema, em olhar “não-modernamente” para os fenômenos, colocando em evidência os híbridos, e como proposta de complementação do projeto moderno, o conceito de mediação é central em Latour.

Enquanto a prática de purificação prevê linhas horizontais, a prática da mediação acrescenta linhas verticais (Latour, 1994), que permite o reconhecimento e inclusão daquilo que a modernidade nunca conseguiu dar conta, a dimensão dos híbridos. Assim, Latour propõe complementar o quadro da modernidade com a dimensão não-moderna, que traz à tona não só conhecer a polaridade moderna oficial (purificação entre natureza e sociedade), mas também entender a formação do outro eixo (mediação), responsável pela multiplicação dos quase-objetos. Esta complementaridade

pretende dar conta das misturas, uma vez que “ao desdobrar as duas dimensões simultaneamente, talvez possamos acolher os híbridos e encontrar um lugar para eles” (Latour, 1994, p. 55). A Figura 14, representa o esquema moderno/não moderno de ver o mundo.

Figura 14 – Plano latouriano do esquema moderno (purificação)/não moderno (mediação).



Fonte: Adaptado por Cardoso e Santaella (2021).

O esquema proposto por Latour (1994) não nega a polarização da modernidade, o que ele critica é a prática do moderno em realizar a purificação e esconder todo tipo de mediação. No plano latouriano, existe uma relação de viabilização entre ambas as práticas, um esquema mais complexo “panmoderno”, que engloba o moderno e o não moderno (Cardoso; Santaella, 2021).

Ao adotar o movimento do esquema moderno/não moderno, podemos olhar para os fenômenos, não somente pela observância das essências pautada pela purificação, mas também com a prática da mediação caracterizada pela *catalogação das existências* (Latour, 1994), ou seja, no procedimento latouriano, precisamos partir das misturas (híbridos) para chegar às classes puras. Portanto para chegar na RA e a educação química precisei catalogar/descrever os atores e suas associações que produziram, no meu caso, a rede digital de AB.

A rede AB produzida apresenta 4 agrupamentos, e para movimentos de descrição utilizarei os nós maiores, chamados por Venturini,

Jacomy e Pereira (2015a) de autoridades⁹⁵, e que, por serem os mais citados, são os nós influentes nas redes.

Além disso, Gomes (2019, p. 45) pontua que “seguir atores em ação é seguir seus agenciamentos com as coisas”, responsáveis por formar um agregado social, e para decidir qual agregado social será mais relevante seguir, podemos estabelecer o critério de número de atividades e vínculos⁹⁶ que os atores estabelecem na rede, já que a força e a durabilidade desse ator na rede são estabelecidas pelos vínculos que consegue realizar (Latour, 2012). No caso da minha pesquisa, o nó se estabelece na rede, pelo número de links e de citações, quanto maior esses números, maior será sua força na rede. Portanto, nó é aquele que mais vínculos consegue estabelecer com o mundo: universidades, laboratórios, grupos de pesquisas, apoio financeiro, apoio pedagógico, química, ciência da computação, bioquímica, pedagogia, programadores...

Selecionei os nós-autoridades por dois critérios: o primeiro relacionado a presença de todos os agrupamentos na descrição, e segundo pelo número de citações, em que estabeleci a partir do único nó-autoridade do agrupamento 4 (Maier (2013)) o critério de citações: igual ou maior⁹⁷ que 8 citações, justamente o número de citações de Maier (2013). Os 18 nós-autoridades estão listados no Quadro 5.

⁹⁵ Venturini, Jacomy e Pereira (2015a) consideram autoridades como os nós de destino de muitas arestas, e os *hubs* são as origens de muitas arestas. Entretanto, nas redes produzidas com o VOSviewer, não é possível identificar o grau de entrada e saída das arestas, uma vez que essas redes apresentam as relações entre os itens (publicação, pesquisadores ou termos), e esta conexão é representada por links, que no caso do acoplamento bibliográfico, indica o número de referências citadas em comum, e quanto mais referências tiverem em comum, maior será a força desse link, maior será sua espessura. Podemos a identificar as autoridades nas redes produzidas com o VOSviewer pelo tamanho dos nós, quanto maior, mais citado é aquele autor ou aquela publicação.

⁹⁶ Segundo Latour (2015), vínculo designa, o que afeta, o que coloca em movimento. Portanto, para compreender a movimentação dos sujeitos, suas emoções, suas paixões, é preciso interessar-se por aquilo que os vincula e os movimenta. Alinhado a isto, Isabelle Stengers (2016) em uma entrevista pontuou que, vínculo não é sinônimo de relação, ele é criado, é o que faz surgir algo novo no mundo a cada acontecimento.

⁹⁷ Bibic (2019) e Barrett (2019) apesar de serem citados mais de 8 vezes, não abordam a realidade aumentada no estudo. Tais artigos estudam a realidade virtual e a realidade mista, respectivamente, e por esse motivo não foram selecionados.

Quadro 5 – Nós-autoridades selecionados para descrição.

Agrupamento	Nó	Nº de citações
Agrupamento 1 (Vermelho)	Yang (2018)	31
	Zhu (2018)	28
	Naese (2019)	26
	Sanii (2020)	21
	Rose (2019)	20
	Plunkett (2019)	20
	Nechypurenko (2019)	15
	Sung (2020)	13
	Müssig (2020)	11
	Bernholt (2019)	10
Agrupamento 2 (Verde)	Dietrich (2020)	52
	Tee (2018)	43
	Eriksen (2020)	19
	Aw (2020)	14
Agrupamento 3 (Azul)	Estudante (2020)	24
	An (2020)	12
	Joaquin Franco-Mariscal (2018)	8
Agrupamento 4 (Roxo)	Maier (2013)	8

Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2023).

Após a identificação dos agrupamentos e escolha dos nós-autoridades, estabeleci, conforme sugerido por Venturini, Jacomy e Pereira (2015a), uma descrição coletiva para os 4 agrupamentos (Quadro 6).

Quadro 6 – Descrição coletiva dos agrupamentos da rede de AB.

Agrupamento	Descrição coletiva
Agrupamento 1 (Vermelho)	Laboratório de analítica/cinética; Laboratório de bioquímica; laboratório de físico-química; visualização de moléculas (DNA); Estruturas macromoleculares; Reações químicas; Átomos e moléculas.
Agrupamento 2 (Verde)	Educação à distância na pandemia da Covid-19; estruturas moleculares; Visualização e manipulação de modelos atômicos e moleculares; Titulação colorimétrica.
Agrupamento 3 (Azul)	Estrutura atômica dos elementos químicos, suas propriedades físicas e químicas; Laboratório – pHmetro e condutivímetro.
Agrupamento 4 (Roxo)	Visualização e interação com as moléculas virtuais.

Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2023).

Estabelecidos os nós-autoridades e a descrição coletiva de seus agrupamentos, parti para a descrição das associações entre os atores da rede, que ajudaram na estabilização da rede em torno da RA e a educação química. Esta estabilização segundo Latour (2011), é produzida pelo processo da tradução, que permite que os fenômenos passem a ser reconhecidos e mensurados. Assim, para Law (2007) o conhecimento é o produto final de muito trabalho organizado e ordenado de muitos elementos heterogêneos:

[...] – tubos de ensaio, reagentes, organismos, mãos habilidosas, microscópios eletrônicos, monitores de radiação, outros cientistas, artigos, terminais de computador, e tudo o mais – os quais gostariam de ir-se embora por suas próprias contas, são justapostos numa rede que supera suas resistências. Em resumo, o conhecimento é uma questão material, mas é também uma questão de organizar e ordenar esses materiais. Este então é o diagnóstico da ciência, na visão ator-rede: um processo de engenharia heterogênea no qual, elementos do social, do técnico, do conceitual, e do textual são justapostos e então convertidos (ou **traduzidos**) para um conjunto de produtos científicos, igualmente heterogêneos. (Law, 2007, p. 3, grifo meu).

Na prática de mediação, com a complementaridade do eixo das traduções, uma das ações fundamentais é o exame das inscrições, pois “elas tornam possível o transporte daquilo que se mobilizou na realidade” (Melo, 2007, p. 177). As inscrições podem ser gráficos, figuras, textos que fazem com que pessoas, acontecimentos e lugares sejam levados aos ‘centros de acumulação’, o lócus onde se acumulam inscrições, que por meio do trabalho de mobilidade, estabilidade e permutabilidade, tudo se torna familiar, próximo, útil. No centro de acumulação o conhecimento transita nos movimentos de ida e volta, em uma rede de materiais heterogêneos (Latour, 2011).

Além das inscrições, que tornam as entidades invisíveis em visíveis, e que são elementos da rede, existem outros participantes humanos e não humanos, que se associam, formam alianças para performar realidades. Esses vínculos, interações ou conexões ocorrem pelo processo da tradução (Latour, 2011), “que mantém os atores na rede e a faz circular, ampliar” (Gomes, 2019, p. 45).

Ao seguir esses atores, Latour (2015) nos orienta a acompanhar o que está no meio, aquilo que o mediador “transfere” ao seu sucessor e que lhe permitirá ser a origem de outra ação. Por exemplo, os principais mediadores de mídias locativas que utilizam a RA, são o lugar, o banco de dados, os smartphones, as imagens e informações, as redes sem fio, o software utilizado, os usuários, o serviço oferecido (Lemos, 2013c). Segundo o autor, nos projetos de RA como *Layar*⁹⁸ e *Wikitude*⁹⁹, a mediação cria uma relação entre escrita e leitura do espaço, que é produzido por uma narrativa interpolada por lentes e telas, pela intenção do serviço, pela escolha dos lugares.

Diante disto, retomo a questão da minha pesquisa: Quais atores e associações estão presentes nos textos científicos da WoS, para arregimentar aliados ao uso da RA na educação química?

Mas, antes de tentar responder essa questão, é importante pontuar que, os aspectos teóricos-metodológicos do pensamento latouriano permite ao pesquisador da ciência, observar o fenômeno e descrever as relações agenciadas estabelecidas pelos atores humanos e não humanos. Assim, o fenômeno é aquilo que pode ser rastreado não de um movimento separado entre o ator e a rede, mas sim o que um faz o outro fazer: as associações, que são feitas de agências, e estas são rastreáveis (Gomes, 2019).

Ainda sobre as agências, Gomes (2019) nos chama a atenção para as ocorrências simultâneas das diversas agências pelo mundo, e neste sentido, é difícil atribuirmos papéis de agente e agenciado, de quem age sobre quem, então ao pensarmos na resposta para ‘como se inicia a criação de uma rede?’, podemos pensar a produção dessa rede a partir das ideias de Segata (2013), de que as redes são inventadas por nós, ao mesmo tempo em que elas inventam o mundo que iremos descrever; elas não são estáticas, são feitas e desfeitas, possibilitando que outras descrições sejam traduzidas, e mais do mundo possamos conhecer.

⁹⁸ <https://www.layar.com/>

⁹⁹ <https://www.wikitude.com/>

5.2.1 Os Atores que Não Estão Visíveis na Rede de AB

Para responder minha pergunta de pesquisa, a partir do plano latouriano da mediação, precisei olhar para o eixo vertical das traduções, que incita um fluxo de conexões de elementos/agentes humanos e não humanos que até então eram inexistentes.

Na busca de descrever as associações presentes na produção cultural da WoS envolvendo a educação química e a RA, me guiei pelo conselho de Latour (2012) de seguir os rastros deixados pelos atores que produziram a rede. Portanto, a questão não está na definição dos papéis dos atores, ou em apontar quem faz o que, tampouco no ato em si, naquilo que é feito, mas na “pluralidade daquilo que faz agir” (Latour, 2015, p. 131).

Neste sentido, precisei ir para além dos nós-autoridades representados na rede digital de AB produzida com o *VOSviewer*. Ali estão os atores bem definidos pelo seu número de citações, mas era preciso sair da rede paralisada, e realizar deslocamentos que possibilitassem novas articulações entre humanos e não humanos, produzindo relações mais heterogêneas e desterritorializadas à rede: os aplicativos, enunciados, inscrições, financiamentos, aprendizagens, conteúdos químicos, *smartphones*, plataformas desenvolvedoras de RA gratuitas... entre outros lugares.

Começo então pelos aplicativos presentes/elaborados/estudados nos artigos dos nós-autoridades. No Quadro 7 apresento o nome e temática de cada um deles.

Quadro 7 – Aplicativos de RA presentes nos artigos nós-autoridades.

Agrupamento	Nó-autoridade	Aplicativo de RA	Temática
Agrupamento 1	Yang (2018)	<i>Elements 4D</i>	Estrutura atômica Propriedades físicas e químicas
	Zhu (2018)	<i>Plataforma HoloLens</i>	Segurança de laboratório
	Naese (2019)	<i>HP Reveal platform</i>	Laboratório instrumental de analítica
	Sanii (2020)	<i>USDZ AR</i>	Biomoléculas Orbitais atômicos
	Rose (2019)	<i>HP Reveal platform</i>	Reações orgânicas

	Plunkett (2019)	<i>HP Reveal platform</i>	Reações orgânicas e instrumentação de laboratório
	Nechypurenko (2019)	<i>AR-Technologies</i>	Laboratório de físico-química
	Sung (2020)	<i>BiochemAR</i>	Estruturas macromoleculares
	Müssig (2020)	<i>AR app</i>	Elementos químicos e estruturas cristalinas
	Bernholt (2019)	<i>HoloLens</i>	Estruturas moleculares
Agrupamento 2	Tee (2018)	<i>Software Vuforia AR (SDK)</i>	Titulação colorimétrica
	Eriksen (2020)	<i>AR Assisted Visualization</i>	Moléculas, estruturas supramoleculares, MOFs ¹⁰⁰ e biomacromoléculas
	Aw (2020)	<i>NuPOV mobile app</i>	Estruturas moleculares e reações orgânicas de adição e eliminação
Agrupamento 3	Estudante (2020)	<i>AR escape game</i>	Elementos químicos Balanceamento de reações químicas
	An (2020)	<i>ARiEL</i>	pHmetro Condutovímetro
	Joaquin Franco-Mariscal (2018)	<i>QR codes</i>	Elementos químicos
Agrupamento 4	Maier (2013)	<i>Augmented Chemical Reactions</i>	Estruturas moleculares Reações químicas

Fonte: Plataforma WoS; VOSviewer; próprio autor (2023).

Sobre os dados do Quadro 7 é necessário pontuar dois aspectos importantes. O primeiro é que as temáticas presentes nos artigos nós-autoridades da plataforma WoS se assemelham com as temáticas dos aplicativos de RA sugeridos por Grando e Cleophas (2021), trabalho pontuado no capítulo 3, ou seja, as associações estabelecidas entre os aplicativos de RA e o conteúdo químico são parecidas: estruturas atômicas e (macro)moleculares, reações químicas, laboratórios e seus instrumentos.

O segundo aspecto está relacionado com a ausência do nós-autoridade Dietrich (2020). O artigo não apresenta um aplicativo específico de sua autoria, entretanto cita diversos trabalhos que estudam o uso de aplicativos de RA nas aulas de química, inclusive artigos nós-autoridades

¹⁰⁰ Segundo Frem *et al.* (2018) MOFs (Metal-Organic Frameworks) consistem em uma classe de materiais porosos formados a partir da interação entre íons ou clusters metálicos e ligantes orgânicos multitópicos.

desta pesquisa: Estudante (2020), Sanii (2020), Plunkett (2019), Sung (2020), Tee (2018), Eriksen (2020), Yang (2018), Zhu (2018) e An (2020). Dietrich (2020) saiu recrutando aliados, no caso os aplicativos de RA dos outros nós-autoridades, e conseguiu se estabelecer na rede, pela prática da composição (Latour, 2017), em que um ator humano Dietrich (2020) se associa a outro(s) não humanos(s), como aplicativos de RA e o vírus da Covid-19, que falarei mais adiante.

5.2.1.1 Os aplicativos de RA e química envolvente

1. *Se esforçar por **oferecer** sempre **aos alunos qualquer coisa de atraente e de interessante**, pois assim os seus espíritos serão atraídos a ir à escola de boa vontade e dispostos a estar atentos (Comenius, 2015, p. 282, grifo meu).*

O fragmento acima foi retirado da 6^a edição do livro *Didáctica Magna* de Comenius, que dentre os oitos “mandamentos” para despertar e manter a atenção do estudante, o primeiro está relacionado com a oferta de coisas atraentes e interessantes.

Os aplicativos de RA dos artigos nós-autoridades (Sanii (2020), Nechypurenko (2019), Tee (2018), Zhu (2018) e Estudante (2020)) também apresentam as associações com o enunciado divertido/atraente/motivador, tanto em relação ao seu design, quanto a aprendizagem e o ensino de química atrativo.

Zhu (2018) comenta sobre a experiência dos estudantes com o aplicativo da plataforma *HoloLens* sobre segurança no laboratório de bioquímica:

*Muitos participantes da condição *HoloLens* gostaram de o **programa ser envolvente e divertido** (p. 1753, tradução minha, grifo meu).*

Nechypurenko (2019) estabelece associações entre o uso da RA, o enunciado motivador e a aprendizagem:

*[...] a **realidade aumentada tem um potencial significativo para estimular e motivar os alunos**, tem uma influência positiva na concentração da atenção no assunto de estudo, e também **cria um ambiente de aprendizagem ativo que***

afeta positivamente o processo de aprendizagem e a criação de um aluno sistema de conhecimento¹⁰¹ (p. 158, tradução minha, grifo meu).

Tee (2018) associa experimentos virtuais 3D com o entretenimento:

Outra abordagem defendida e relatada na literatura emprega experimentos virtuais. As tentativas para isso variaram de exercícios 2D básicos a ofertas 3D mais envolventes, que pode ajudar quando, a turma é grande garantindo a segurança, principalmente quando os alunos são relativamente novos no ambiente do laboratório¹⁰² (p. 393, tradução minha, grifo meu).

Alinhado a estes enunciados, os aplicativos ganham o *status* de pedagógico, quando seus usos também são associados a facilidade de aprender química/ciência, rotação das moléculas, processo de titulação. Tee (2018) apresenta um estudo quantitativo sobre o uso do aplicativo e a aprendizagem dos estudantes. Como resultados, 40% dos estudantes concordaram e 60% concordaram plenamente com a afirmação “O exercício me deu uma melhor compreensão sobre titulação”; e 90% dos estudantes concordaram plenamente com a afirmação 7 “Acho que esta é uma boa ferramenta de aprendizagem”.

Assim, a química divertida, de fácil entendimento invoca vozes de professores interessados nas práticas docentes, nas práticas experimentais, no estudo das biomoléculas, na segurança no laboratório de bioquímica:

As aulas de segurança de laboratório são normalmente compostas por slides ao lado de filmes ocasionais mostrando os perigos do laboratório e visitas às instalações do laboratório. Embora esses tipos de abordagens forneçam todas as informações necessárias para a segurança em um ambiente de laboratório, os alunos geralmente não estão envolvidos no aprendizado do material. Para aumentar o entusiasmo pelas aulas de segurança laboratorial e aumentar o aprendizado do conteúdo, estudos anteriores usaram

¹⁰¹ [...] that the augmented reality has a significant potential for stimulating and motivating students, it has a positive influence on the concentration of attention on the subject of study, and also it creates an active learning environment that positively affects the learning process and the creation of a student knowledge system.

¹⁰² Another approach advocated and reported in the literature employs virtual experiments. Attempts at this have ranged from basic 2D exercises, to more engaging 3D offerings. The latter naturally requires a much higher level of time investment in order to create environments that sufficiently mimic the real- world situation, although this can still never be fully attained.

jogos, simulações de computador e até mesmo histórias em quadrinhos para aumentar a segurança do laboratório. Neste sentido, os autores desenvolveram e aplicaram um aplicativo de RA para ensinar segurança laboratorial para estudantes de graduação¹⁰³ (p. 1747, tradução minha, grifo meu).

As associações apontadas aqui, mostram como as coisas (aplicativos de RA) funcionam como mediadores no agenciamento à rede, estabelecendo relações com o entretenimento e o aprendizado. Bruno (2003) defende que dispositivos informacionais são dispositivos de mediação, pois uma vez que regem as interfaces entre homens e máquinas ou ambientes digitais, eles

[...] configuram ou orquestram uma parte significativa da experiência de si, do outro e do mundo que aí tem lugar. Neste sentido, a mediação e a interface participam ativamente da maneira e do alcance com que as esferas da vida cotidiana, cultural, social, política integram o espaço informacional constituído pelas novas tecnologias de informação e de comunicação (Bruno, 2003, p. 4).

No caso dos aplicativos de RA, são estabelecidas relações entre a química, a pedagogia, o entreter e o ensinar. Segundo Sibilia (2012) a questão do entretenimento está enraizada no nosso modo contemporâneo de viver, e podemos inclusive, identificar isto em discursos atuais/oficiais¹⁰⁴ do tipo: ‘aos alunos do século XXI é necessário oferecer diversão’. Lembrando que, assim como a autora, não estou aqui dizendo que devemos resistir, bloquear, isolar esse tipo de discurso, mas de pensar algo que Sibilia (2012) considera mais complicado e interessante, de conceber modos de pensar e dialogar nas condições desse ambiente hiperestimulado e hiperestimulante.

¹⁰³ Laboratory-safety lessons are normally composed of lecture slides alongside occasional movies showing laboratory hazards and tours of laboratory facilities. Although these types of approaches provide all required information to be safe in a laboratory environment, students are often not engaged in learning the material. In order to increase enthusiasm for laboratory-safety lessons and to enhance retention of the material, previous studies have used games, computer simulations, and even comic books to enhance laboratory safety.

¹⁰⁴ Uma rápida busca no Referencial curricular para o novo ensino médio do estado do Paraná (Paraná, 2021), é possível encontrar as palavras atrativo (3 vezes) e motivador (5 vezes), relacionados a contextualização no ensino de biologia, o ensino de história na química, e a gamificação e jogos no ensino de matemática.

5.2.1.2 Elementos químicos, átomos, (macro)moléculas... Ampliando a visão das entidades “invisíveis”

“[...]je dele não farás imagens”.
Chassot (1996) parafraseando a Bíblia.

Na escola um dos primeiros contatos que os estudantes têm com a química já exige o uso de representações. A química, na maioria dos livros didáticos, é definida como a ciência que estuda as transformações da matéria, e já em suas primeiras páginas é apresentada a discussão em torno da sua constituição, é neste momento que o átomo é apresentado para a turma.

A preocupação em torno da constituição da matéria não é de hoje. Segundo Auffray (1997, p. 9), a mais de vinte e cinco séculos o átomo vem sendo “imaginado, analisado, descrito, explorado, explodido, depois cavado, imobilizado, acelerado, despojado, combinado”, e tudo começou no século V a. C. à beira do mar Egeu, quando Demócrito entrou em cena com a unidade fundamental, o *atomos ideia*, que diga-se de passagem traduzimos errado para átomo, pois transformamos em substantivo um adjetivo dos antigos gregos. *Tomos* significa segmentação, que precedido do alfa primitivo, torna-se *átomos*, algo que não é dividido, segmentado. Em contrapartida, o termo *idea* que deriva do verbo *idein*, e que significa ‘ver’, designa aquilo que Demócrito traz à tona a questão do ver, do visível para o átomo, e isso se estende a toda teoria atômica que encontramos nas páginas dos livros, nas revistas da área de ensino de ciências, na sala de aula, signos icônicos do átomo que vão desde a bola de bilhar de Dalton até as camadas de Bohr, que por sua vez, foram as inscrições predominantes dos aplicativos de RA de representações atômicas e moleculares nos artigos selecionados para este estudo.

A recomendação de não fazer imagens, não foi levado em consideração pelos autores, desenvolvedores, engenheiros da computação dos aplicativos da RA presentes nos artigos. A necessidade de estabelecer uma “cara” para as entidades submicroscópicas pode ser encontrada na descrição coletiva de todos os agrupamentos da rede de AB. A maioria dos

artigos apresentam estudos relacionados a aplicativos que projetam imagens de elementos periódicos, átomos e/ou moléculas/macromoléculas.

Dentre as ações de escrita de textos científicos, está o empilhamento de inscrições (Latour, 2011), e por isso, na prática da medição o exame delas é parte constituinte do processo, levando em conta que as inscrições são informações materializadas produzidas por instrumentos (*ibidem*), que tornam coisas invisíveis em visíveis, no caso desta pesquisa, os elementos químicos, os átomos e as (bio)(macro)moléculas.

O aplicativo de RA estudado por Yang (2018) foi o *Elements 4D*, um aplicativo composto por 36 elementos naturais da Tabela Periódica, gerados a partir de marcadores de papel. A partir da leitura do marcador podemos ter acesso a imagem contendo informação como: as propriedades físicas de um elemento específico, incluindo nomes, símbolos, números atômicos, pesos atômicos e estados de ocorrência dos elementos. Na Figura 15, podemos observar a representação do átomo de Xenônio produzida pelo aplicativo.

Figura 15 - Representação do átomo de Xenônio produzida pelo *Elements 4D*.



Fonte: Yang (2018).

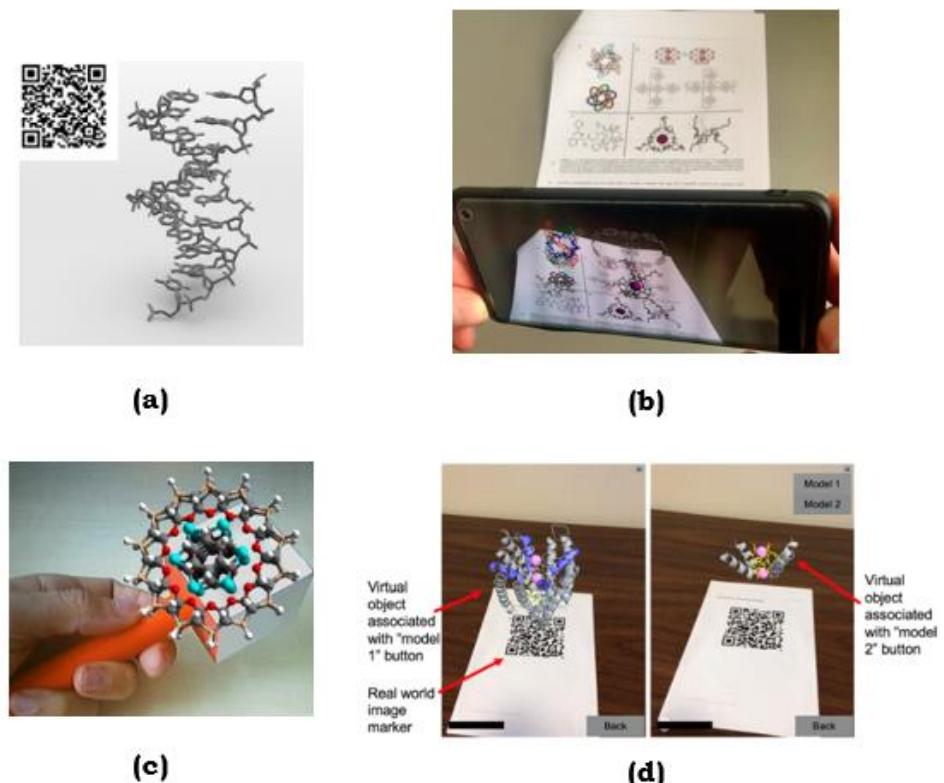
Yang (2018): o produto educacional móvel fornece visualização direta, interativa e vívida dos elementos invisíveis, o que permite uma melhor compreensão das propriedades desses elementos¹⁰⁵ (p. 1061, tradução minha,

¹⁰⁵ [...] the mobile educational product provides direct, interactive, and vivid visualization of the invisible elements, which allows a better understanding of the properties of these elements.

grifo meu).

Já Sanii (2020) e Eriksen (2020) e Maier (2013) exploram aplicativos que produzem imagens 3D mais complexas: (a) aplicativo *USDZ AR* (biomoléculas); (b) aplicativo *AR Assisted Visualization* (bio(macro)moléculas); e (c) *Augmented Chemical Reactions* (estruturas moleculares), respectivamente, conforme indica a Figura 16.

Figura 16 - Representações das estruturas moleculares apresentadas nos artigos de Sanii (2020) (Figura 16-a), Eriksen (2020) (Figura 16-b), Maier (2013) (Figura 16-c) e Sung (2019) (Figura 16-d).



Fonte: Sanii (2020); Eriksen (2020); Maier (2013); Sung (2019).

Sanii (2020): [...] 96% (dos estudantes) indicaram que o AR os ajudou a visualizar a estrutura do DNA de fita dupla e 65% e 70% indicaram que os ajudou a visualizar e entender as interações de pares de bases/conduтивidade do DNA, respectivamente¹⁰⁶ (p. 255-256, tradução minha, grifo e acréscimo meu).

Eriksen (2020): Na ciência química, o desafio da

¹⁰⁶ [...] 96% indicated the AR helped them visualize the structure of double-stranded DNA, and 65% and 70% indicated it helped them visualize and understand basepair interactions/DNA conductivity, respectively.

visualização em 3D existe em vários níveis, desde o ensino de problemas de **estereoquímica** no nível universitário, até a visualização de **estruturas moleculares complexas** na vanguarda da pesquisa química. **A visualização pode ser especialmente desafiadora, uma vez que as moléculas estão ficando maiores e mais complexas e abrangem três dimensões**¹⁰⁷ (p. 1487, tradução minha, grifo meu)

Maier (2013): O uso de uma interface 3D de manipulação direta, traz o benefício de uma melhor compreensão das estruturas espaciais das moléculas químicas. Assim, pode ajudar estudantes e pesquisadores a compreender melhor **diversas propriedades químicas**. **Uma simulação** de dinâmica direcionável também foi integrada no aplicativo, e **auxilia compreender melhor o funcionamento interno das reações químicas** (p. 82, tradução minha, grifo meu).

Sung (2019): Os dados coletados em dois anos consecutivos de implementação (do aplicativo) em um curso de Bioquímica sugerem que o objetivo foi largamente alcançado. Os alunos não apenas acharam o BiochemAR fácil de aprender a usar (Tabela 5), mas **o uso do aplicativo também melhorou a consciência espacial dos alunos em sua compreensão dos mecanismos de função e seletividade do canal K⁺** (Tabela 3, citações dos alunos).¹⁰⁸ (p. 151, tradução minha, grifo e acréscimo meu).

As inscrições apresentadas pelos autores dos artigos, traduzem a ‘cara’ do átomo e das (bio)(macro)moléculas, e por detrás da produção dessas imagens existem diversos outros atores que se associam, como: o *smartphone*, o Qr-code, o aplicativo, a memória do *smartphone*, a química, a pedagogia, o aprendizado, formando alianças para performar realidades, aprendizados de química.

Pensando de forma simétrica os humanos e não humanos na aprendizagem química, esses objetos e tecnologias digitais não são coisas a serem inseridas nas salas de aulas, eles são igualmente atores, educações e tecnologias são indissociáveis. Tanto os objetos quanto os humanos não

¹⁰⁷ In chemical science, the challenge of visualizing in 3D exists at several levels ranging from teaching stereochemistry problems at the freshman university level to visualizing complex molecular structures at the forefront of chemical research. Visualization can be especially challenging since molecules are getting larger and more complex and span three dimensions.

¹⁰⁸ The data collected from two consecutive years of implementation in a Biochemistry course suggest that this goal was largely achieved. Not only did students find BiochemAR easy to learn how to use (Table 5), but app use also improved spatial awareness of students in their understanding of the mechanisms of K⁺ channel function and selectivity (Table 3, student quotes).

conseguem educar sozinhos. Humanos e não humanos são atores das educações na era das conectividades (Oliveira; Porto, 2016).

Outras inscrições que aparecem nos artigos estão relacionadas ao que Gomes (2019) chama de química científica, que utiliza uma linguagem específica. Termos como condutividade, estereoquímica, propriedades químicas, funcionamento interno das reações químicas, são produzidos em um sistema de referência, em que marcadores são produzidos e são usados para simbolizar um grupo ou uma comunidade (Latour, 2011).

Portanto, os enunciados presentes na escrita dos artigos estabelecem associações entre o uso dos aplicativos e o melhor entendimento da linguagem química científica, podendo assim alistar professores a partir do convencimento que a utilização dos aplicativos produziria um aprendizado de uma química séria, pedagógica, escolarizada (Gomes, 2019).

5.2.1.3 A pedagogia do vírus da Covid-19

O invisível todo-poderoso tanto pode ser o infinitamente grande (o deus das religiões do livro) como o infinitamente pequeno (o vírus).
(Santos, 2020, p. 10)

No final de 2019 foi identificado o vírus causador da Covid-19 (Zhou *et al.*, 2020), e pouco tempo depois já estávamos em crise global. Os tempos de incertezas e o avanço destruidor do coronavírus, obrigaram a ampliação de medidas de isolamento social, fechamento de escolas e suspensão de aulas no Brasil e no mundo. Em 6 de março de 2020, segundo reportagem do jornal *El País*, mais de 300 milhões de estudantes de 22 países e 3 continentes, já estavam afetados devido à expansão da Covid-19 (Tavares; Lisboa, 2021). Diante deste cenário, foram propostas alternativas de retorno à “normalidade” escolar, como o trabalho home office com atividades remotas.

Ao iniciar as leituras e traduções dos artigos do *corpus* desta pesquisa, um dos primeiros atores que consegui identificar, foi o vírus da Covid-19. Esta identificação foi possível, pois as minhas atenções iniciais

foram direcionadas pelo artigo com maior número de citações, o não-autoridade Dietrich (2020).

No artigo, que tem como objetivo apresentar um *feedback* de estudantes e professores de duas disciplinas do curso de química, que mantiveram as aulas durante o *lockdown*, encontrei atores como: educação à distância, teoria de aprendizagem, *smartphone*, sistemas de videoconferências, internet de rede 4G/5G e UNESCO:

A educação à distância existe há pelo menos um século. [...] Os cursos de educação à distância foram originalmente desenvolvidos para envolver alunos que não tinham acesso imediato a uma escola ou universidade, tinham horários restritos para participação nos cursos ou simplesmente não gostavam do ambiente “escolar” convencional. Uma base importante da educação à distância é a teoria do estudo independente, que sugere que o ensino bem-sucedido pode ocorrer mesmo que o professor e o estudante estejam fisicamente separados durante o processo de aprendizagem. [...] A proliferação dos smartphones e dos sistemas de videoconferência, com o desenvolvimento da internet e da rede 4G/5G proporcionaram acesso a informações e contatos que antes não estavam disponíveis¹⁰⁹ (p. 2448, tradução minha, grifo meu).

Todos esses atores foram associados ao vírus da Covid-19, em um enunciado de continuidade a escolarização:

A pandemia da COVID-19 afetou os sistemas educativos em todo o mundo, levando ao encerramento quase total de escolas, universidades e faculdades. A maioria dos governos em todo o mundo fechou temporariamente as instituições de ensino, para conter a propagação da COVID-19. Aproximadamente 1,725 bilhões de estudantes foram afetados pelo encerramento de universidades em resposta à pandemia. Em resposta, a UNESCO recomendou a utilização de programas de ensino à distância. A pandemia de COVID-19 apresentou um desafio colossal aos educadores para adaptar todas as suas aulas, de forma urgente e massiva, para o ensino a distância, a fim de manter a continuidade

¹⁰⁹ Distance education has been in existence for at least a century. [...] Distance education courses were originally developed to involve students who did not have ready access to a School or University, had restricted hours for course participation, or simply disliked the conventional “school” environment. An important foundation of distance education is the theory of independent study, which suggests that successful teaching can take place even though teacher and learner are physically separated during the learning process. [...] The proliferation of the smartphone and videoconferencing systems, with the development of the internet and the 4G/5G network have provided access to both information and contacts that were previously unavailable.

educacional com o mesmo nível de qualidade¹¹⁰ (p. 2449, tradução minha, grifo meu).

A continuidade dos estudos na educação química é associada ao uso da RV e a RA, chamadas pelos autores de ferramentas interativas, e todas relacionadas com educação à distância.

*Os últimos avanços tecnológicos, como **Realidade Virtual (VR)** ou **Realidade Aumentada (AR)**³³⁻⁴¹, surgiram como **ferramentas interativas, promissoras e envolventes para a educação química**, sendo adaptáveis para o **ensino à distância**.¹¹¹ (p. 2449, tradução minha, grifo meu).*

Dietrich (2020) listou diversos outros autores, referências anteriores (33 a 41) (Figura 17), que produziram estudos relacionados ao uso de RA nas aulas de química.

As nove referências utilizadas por Dietrich (2020) são nós-autoridades da minha pesquisa. Neste sentido, Dietrich (2020) ao escrever 'Tentativas, sucessos e fracassos do ensino a distância na época do COVID-19' se reporta a textos anteriores que também são bem citados; ou seja, na construção do discurso em defesa do uso de aplicativos de RA nas aulas de química, Dietrich (2020) assenta várias referências para aumentar sua força e intimidar a aparição de algum discordante, e garantir sua manutenção/estabilização na rede (Latour, 2011).

¹¹⁰ The COVID-19 pandemic has affected educational systems world-wide, leading to the near-total closures of schools, universities, and colleges. Most governments around the world have temporarily closed educational institutions to contain the spread of COVID-19. Approximately 1.725 billion learners were affected by university closures in response to the pandemic. In response, UNESCO recommended the use of distance learning programs. The COVID-19 pandemic presented a colossal challenge to educators to adapt all their classes urgently and massively to distance learning in order to maintain educational continuity with the same level of quality.

¹¹¹ The latest technological developments, such as Virtual Reality (VR) or Augmented Reality (AR) have emerged as interactive, promising, and engaging tools for chemical education that are adaptable for distance learning.

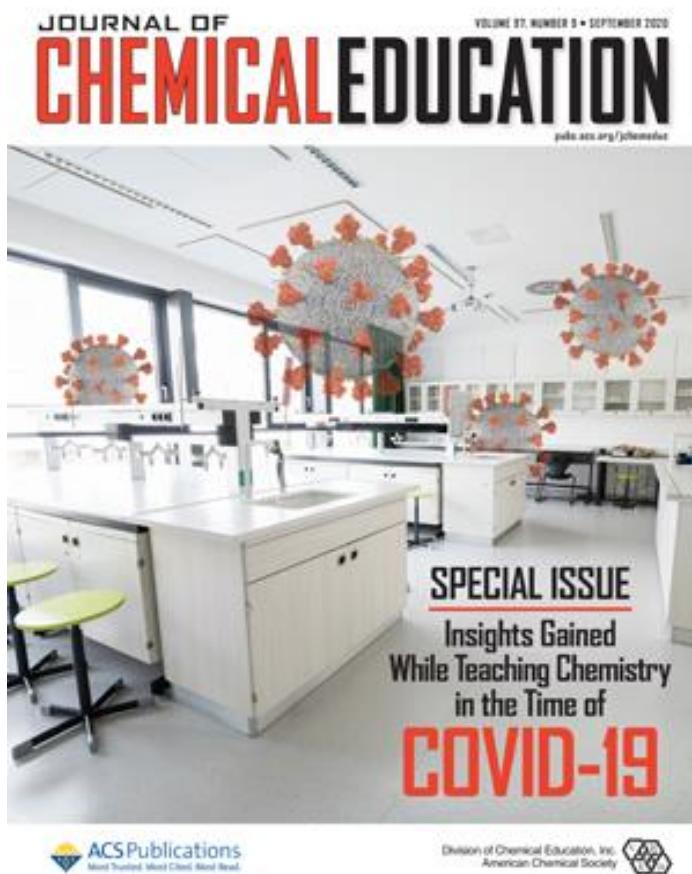
Figura 17 – Referências que envolvem a RA e a educação química, utilizadas por Dietrich (2020).

- (33) Eriksen, K.; Nielsen, B. E.; Pittelkow, M. Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (5), 1487–1490.
- (34) Estudante, A.; Dietrich, N. Using Augmented Reality to Stimulate Students and Diffuse Escape Game Activities to Larger Audiences. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97*, 1368.
- (35) Plunkett, K. N. A Simple and Practical Method for Incorporating Augmented Reality into the Classroom and Laboratory. *J. Chem. Educ.* **2019**, *96* (11), 2628–2631.
- (36) Sanii, B. Creating Augmented Reality USDZ Files to Visualize 3D Objects on Student Phones in the Classroom. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (1), 253–257.
- (37) Sung, R.-J.; Wilson, A. T.; Lo, S. M.; Crowl, L. M.; Nardi, J.; St. Clair, K.; Liu, J. M. BiochemAR: An Augmented Reality Educational Tool for Teaching Macromolecular Structure and Function. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (1), 147–153.
- (38) Tee, N. Y. K.; Gan, H. S.; Li, J.; Cheong, B. H.-P.; Tan, H. Y.; Liew, O. W.; Ng, T. W. Developing and Demonstrating an Augmented Reality Colorimetric Titration Tool. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (3), 393–399.
- (39) Yang, S.; Mei, B.; Yue, X. Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (6), 1060–1062.
- (40) Zhu, B.; Feng, M.; Lowe, H.; Kesselman, J.; Harrison, L.; Dempski, R. E. Increasing Enthusiasm and Enhancing Learning for Biochemistry-Laboratory Safety with an Augmented-Reality Program. *J. Chem. Educ.* **2018**, *95* (10), 1747–1754.
- (41) An, J.; Poly, L.-P.; Holme, T. A. Usability Testing and the Development of an Augmented Reality Application for Laboratory Learning. *J. Chem. Educ.* **2020**, *97* (1), 97–105.

Fonte: Dietrich (2020).

Outra associação estabelecida com a escrita do artigo de Dietrich (2020) e o vírus da Covid-19, foi o lócus da publicação, uma edição especial da revista *Journal of Chemical Education* com título ‘Percepções produzidas ao ensinar química em época de Covid-19’, conforme indica a Figura 18.

Figura 18 – Capa da edição especial da Covid-19 da revista *Journal of Chemical Education*.



Fonte: Site da revista *Journal of Chemical Education*¹¹².

Na capa da revista existem inscrições que merecem atenção. Começo pelo laboratório, limpíssimo¹¹³, claro e vazio, embora ocupado por diversas representações do Coronavírus, como se eles tivessem dominado aquele espaço. As escritas ‘special issue’ (número especial) e ‘Covid-19’ estão em caixa alta, inclusive sublinhado e escrito em vermelho, respectivamente. Todas essas inscrições, alistam professores de química que estão a procura práticas pedagógicas de química em meio à pandemia global da Covid-19.

¹¹² Disponível em: <https://pubs.acs.org/toc/jceda8/97/9?ref=pdf#>

¹¹³ Veiga-Neto (2003b) ao realizar uma análise do filme *Gattaca*, estabelece uma relação entre laboratório – limpeza – ordem. No filme, alguns locais são mostrados bem desorganizados, como o quarto do personagem Vicent, enquanto o laboratório de *Gattaca* sempre aparece limpo, com todas as coisas em seu devido/apropriado lugar e com acesso restrito, neste sentido, as relações estabelecidas no filme são: desordenado = caos e organizado = ordem. Ordem que sempre foi almejada pela modernidade, “num mundo em ordem podemos ter a sensação de que o futuro [...] mudará de modo controlado e previsível. [...] um mundo ordeiro é aquele no qual nos sentimos mais seguros” (Veiga-Neto, 2003b, p. 83).

Segundo o editorial da revista, a edição especial contou com mais de 180 artigos, escritos por autores de 35 países diferentes, inclusive o nó-autoridade Müssig (2020) também foi publicado nesta edição. Na descrição, o editor destacou a rápida adaptação do ensino de química perante a crise causada pela Covid-19, e a adaptação criativa por todo o mundo frente as novas tecnologias (Holme, 2020). Ou seja, a edição em que o nó-autoridade mais citado da minha pesquisa está publicado, carrega o discurso da defesa do uso das ferramentas digitais, intensificado pela Covid-19, a primeira pandemia global na era digital.

As ferramentas digitais chegaram como uma avalanche, intimidando toda comunidade escolar que ainda não havia experenciado o ensino remoto. Nos vimos forçados a implementar de alguma forma as ferramentas/metodologias digitais. Além de Dietrich (2020) e Müssig (2020), outros sete artigos (ART08, ART17, ART21, ART25, ART28, ART32 e ART34) dos 40 que compunham o corpus inicial, associam as ferramentas digitais, em especial os aplicativos de RA, com o vírus da Covid-19. A associação entre esses não humanos é materializada nos dados quantitativos apresentados nos gráficos 2 e 3, de número de produções e de citações dos artigos, que a partir de 2020 saltou consideravelmente, ou seja, o vírus da Covid-19 é um mediador no estabelecimento dos estudos sobre os aplicativos de RA na área da educação química.

Portanto, o vírus da Covid-19, também tem agência e “pesca” humanos cientistas da computação, profissionais da educação, professores (de química), ilustradores e editores de revistas, e não humano como, a revista, revista, UNESCO, internet, smartphone, e outros, que se interessa em responder questões relacionadas às escolas fechadas e novas metodologias em ambientes digitais em meio a pandemia. Neste sentido, considero que o vírus da Covid-19 é um mediador na rede, uma vez que desloca as ações e produz novos cenários e contornos dos ambientes educacionais anteriormente não vivenciados, como a plataforma¹¹⁴ do

¹¹⁴ Plataformização é definida por Nieborg e Poell (2018, p. 4276) como “a penetração de extensões econômicas, governamentais e infraestruturais de plataformas digitais nos ecossistemas da Web e de aplicativos”. Processo este, que vem afetando diversas áreas, como da saúde, educação e transporte urbano. A Uberização é um exemplo de

trabalho docente e da aprendizagem.

A expressão do tipo “meu chefe é um aplicativo/plataforma” é uma realidade na vida dos professores, principalmente no estado do Paraná, onde o projeto de plataformização do trabalho docente e da aprendizagem, está seguindo a todo vapor pelo governo do estado, que apesar das críticas¹¹⁵, insiste nos slides prontos, plataformas de redação, quizzes... um *script* que o professor deve seguir, e que coloca sua autonomia em cheque, mas para que serviria essa autonomia, se o objetivo deste programa digital é colocar na sala de aula um dirigente com ‘notório saber’¹¹⁶?

Mello, Santos e Pereira (2022) problematizam a plataformização da educação e ações estratégias da gestão pública neoliberal para controlar o trabalho docente, e é possível aproximar os apontamentos realizados por eles dentro do contexto da educação do estado da Bahia, com o paranaense, como a padronização do ensino, a homogeneização de currículos e práticas pedagógicas, avaliações centradas nos resultados para rankeamento, políticas meritocráticas (Cossio, 2018). Estratégias estas, que atentem a uma agenda global de educação, que tem como intenções de cercear a autonomia dos professores, desqualificar seu trabalho, pela separação da reflexão e execução do trabalho docente, uma vez que os professores não foram consultados sobre o uso das plataformas, nem mesmo são responsável pela produção dos conteúdos veiculados nestas plataformas.

Portanto, não podemos realizar leituras simplistas, deste cenário digital do uso das plataformas, que exaltam as possibilidades de inserção de metodologias diferenciadas/ativas/digitais como caminho para resolução dos problemas educacionais, mas o que está por detrás desta

plataformização do trabalho (Grohmann, 2020).

¹¹⁵ Na semana pedagógica de retorno às aulas do segundo semestre de 2023, a APP-sindicato realizou um debate em torno da plataformização da educação e a autonomia pedagógica do professor, e como forma de reagir ao esgotamento, estresse, sobrecarga e adoecimento dos professores e estudantes, devido a política educacional das plataformas digitais do governo do Ratinho Junior, foi instituído o dia 30 de agosto como dia de Plataforma Zero nas escolas.

¹¹⁶ A Lei 13.415/2017, estabelece o ‘notório saber’ como critério para que professores possam lecionar no ensino médio, principalmente no itinerário da formação técnica e profissional. Sobre este assunto sugiro a leitura do texto de Machado (2021), que faz uma crítica a apropriação do termo notório saber pela Lei 13.415/2017 para dar permissão “às instituições e sistemas de ensino de realizar contratações circunstanciais, por valores menores e sem a necessidade, no caso dos oficiais, de realizar concursos públicos, de indivíduos não licenciados para trabalhar como professores” (p. 59)

exaltação de novas formas de trabalho (educação) é a legitimação e cristalização da gestão do capital (Antunes; Filgueiras, 2020), em que neste contexto de dependência da tecnologia digital, o “magistério é mais descartável e torna-se um apêndice das plataformas interativas em sala de aula, sendo mais fácil adaptável aos planos de gestão de resultados e à flexibilização da força de trabalho” (Freitas, 2018, p. 108-109).

5.2.1.4 A questão laboratorial e a virtualização dos laboratórios

Dê-me um laboratório e moverei o mundo.

Bruno Latour

Parece-me que Tom Ruegger entendeu o recado de Latour, ao criar o desenho animado Pink e Cérebro: dois ratos que moravam em um laboratório, e que todas as noites fracassavam na tentativa de dominar o mundo, pois Pink (o imbecil) sempre fazia algo de errado que *desandava* a experiência; entretanto olhando para as ideias de Latour, os erros experimentais cometidos por Pink não eram os únicos culpados em atrapalhar a missão de dominar o mundo. Havia também o trabalho isolado dos dois.

Pink e Cérebro não conseguiram arregimentar aliados com suas práticas laboratoriais. Em contrapartida, a experimentação no ensino de química recebe diversos holofotes, e acaba ganhando *status* salvacionista responsável pela melhora da aprendizagem de conceitos da química, do despertar dos interesses com “reações coloridas, borbulhantes e, quem sabe, explosivas, na esperança de arregimentar o aluno e motivá-lo para o núcleo duro dos conteúdos da ciência escolar” (Gomes, 2019, p. 67).

Experimentação e educação química têm diversas outras associações, desde linha temática em revistas, eventos, ponto de testes/concursos para professores, até jogos didáticos e canais no Youtube - como por exemplo, o Manual do Mundo, material de estudo de alguns trabalhos do GECCE (Gomes; Oliveira, 2018; Gomes; Oliveira, 2019; Gomes; Polizel; Oliveira, 2018) - que levantam a discussão em torno das estratégias de convencimentos utilizadas por Iberê, o criador do canal para arregimentar

aliados para seu laboratório (virtual).

Também encontrei nos nós-autoridades associações com o laboratório, que é entendido nesta tese, não apenas como um espaço específico onde se encontram os cientistas, mas qualquer espaço em que se opera a experimentação, podendo ser num laboratório, por simuladores, vídeos, filmes, hortas, espaços sociais (Fary *et al.*, 2021). Este espaço está nos artigos nós-autoridades da rede de AB: Zhu (2018), Naese (2019), Plunkett (2019) e Nechypurenko (2019) no agrupamento 1, Tee (2018) no agrupamento 2, e An (2019) no agrupamento 3, correspondendo a segunda maior ocorrência de estudos envolvendo a RA e a educação química.

O agrupamento 1 que apresenta a maioria dos artigos, engloba as projeções relacionando o laboratório com a segurança no laboratório e os equipamentos/aparelhos laboratoriais. Na Figura 19, podemos observar a visão inicial do aplicativo, que indica alguns itens do laboratório de bioquímica. Já na Figura 20, representa a mudança de perspectiva quando o estudante aciona um novo local no laboratório.

Figura 19 - Itens do laboratório bioquímica.



Fonte: Zhu (2018).

Figura 20 – Novo local encontrado no laboratório.



Fonte: Zhu (2018).

Ao entrar no laboratório o estudante acessa o aplicativo, e na tela inicial aparecem os nomes dos itens de laboratório escritos em letras coloridas, e ao chegar próximo a um determinado item, a palavra colorida muda para branca. Esta busca é cronometrada pelo próprio aplicativo. Os fogos de artifício virtuais aparecem quando o estudante consegue acionar um lugar novo do laboratório.

A mudança de cores das palavras e os fogos de artifício são utilizados para garantir que a atenção de cada aluno esteja focada no vídeo subsequente¹¹⁷ (p. 1749, tradução minha, grifo meu).

Nas representações do laboratório de bioquímica via o aplicativo da *Plataforma HoloLens*, podemos notar novamente a química atraente atuando, com o jogo de cores, fogos de artifícios acionados ao adentramos em novos lugares no laboratório. Todas essas projeções constitui ao laboratório a imagem de “um local fascinante onde invenções maravilhosas são elaboradas e concretizadas” (Bastos; Chaves, 2015, p. 5).

A ideia de pensar o laboratório como local de comprovação de teorias, de um local velado e povoado por mentes brilhantes, é questionado

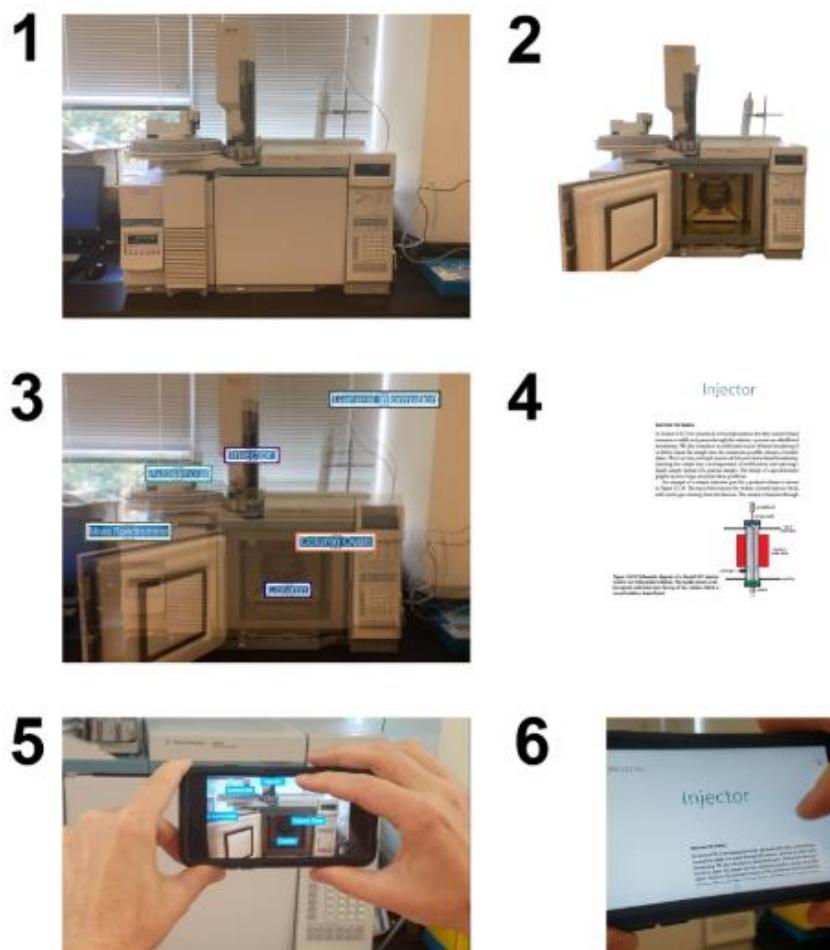
¹¹⁷ The changing of the colors of the words and the fireworks are used to make sure the attention of each and every student is focused on the subsequent video.

pelo pensamento latouriano. Segundo ele, não há nada de extraordinário e nem de especial nestes locais (Latour, 1983). Essa ideia também pode ser deslocada para os laboratórios escolares, objetos de estudo de Rezzadori (2010), Oliveira (2009) e Pricinotto (2012) e que ao estudarem os laboratórios de química nas escolas de ensino médio e no laboratório universitário, puderam perceber que o laboratório não é produzido apenas pelas ações dos professores, mas sim pelas associações, negociações entre os conteúdos químicos, professores e estudantes, gestores, políticas públicas, estágios supervisionados, e pensando no mundo digital: o *smartphone*, a internet, o aplicativo, dentre outros artefatos digitais.

Já no estudo de Naese (2019) o aplicativo, desenvolvido na plataforma *HP Reveal*, gera sobreposições digitais, que são acionadas quando os estudantes posicionam a câmera do smartphone de frente para os instrumentos analíticos: espectrômetro de absorção atômica de chama, espectrômetro de massa do cromatógrafo gasoso, cromatógrafo líquido e espectrofotômetro UV-vis de feixe duplo. Entretanto, no artigo é explorado apenas o cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massa (GC-MC). As projeções deste equipamento podem ser observadas na Figura 21.

As etapas de 1 a 6 na Figura 21, representam o fluxo de trabalho da criação ao acionamento da sobreposição das imagens do cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massa (GC-MC). Utilizando o smartphone é possível visualizar os componentes do equipamento, bem como acessar informações sobre esses componentes por meio de textos vinculados a *sites* da internet ou outros arquivos de mídia.

Figura 21 – Etapas de criação e acionamento das sobreposições das imagens do GC-MC.



Fonte: Naese (2019).

Segundo Naese (2019), o aplicativo aproxima os estudantes dos primeiros anos da graduação de equipamentos que geralmente são utilizados nos últimos anos ou na pesquisa, além de ajudar o entendimento do funcionamento interno dos instrumentos e a teoria por trás deles.

*No geral, descobriu-se que é uma **ferramenta simples** de integrar, **que dá vida aos instrumentos gerais de “caixa preta” de laboratório, além do que geralmente é abordado durante as aulas/palestras***¹¹⁸ (Naese, 2019, p. 595, tradução minha, grifo meu).

An (2020) também menciona as caixas pretas, e desconhecimento do funcionamento de equipamentos de pHmetro e condutivímetro, e então propõe o uso do aplicativo *AriEL*.

¹¹⁸ Overall, it has been found to be a simple-to-integrate tool that brings general laboratory “black box” instruments to life beyond what is generally covered during lecture sections.

[...] **estes instrumentos são muitas vezes vistos como caixas pretas** por diversas razões, onde os **alunos não sabem como usá-los ou do que os instrumentos são capazes**. É provável que esta tendência induza algum medo na atitude dos alunos em relação à aprendizagem sobre instrumentos, mesmo que a instrumentação seja uma parte significativa da educação laboratorial (An, 2020, p. 97, tradução minha, grifo meu).

Vale pontuar, que o significado de caixa preta na cibernetica do entendimento de como o equipamento funciona por dentro, pode até ter sido superado pelas projeções 3D, entretanto, o entendimento de como/por que ele foi produzido, ainda continua como caixa preta, ou seja, não se sabe as associações que foram estabelecidas para produzir os equipamentos, colocá-los em funcionamento, quais atores foram alistados para suas invenções.

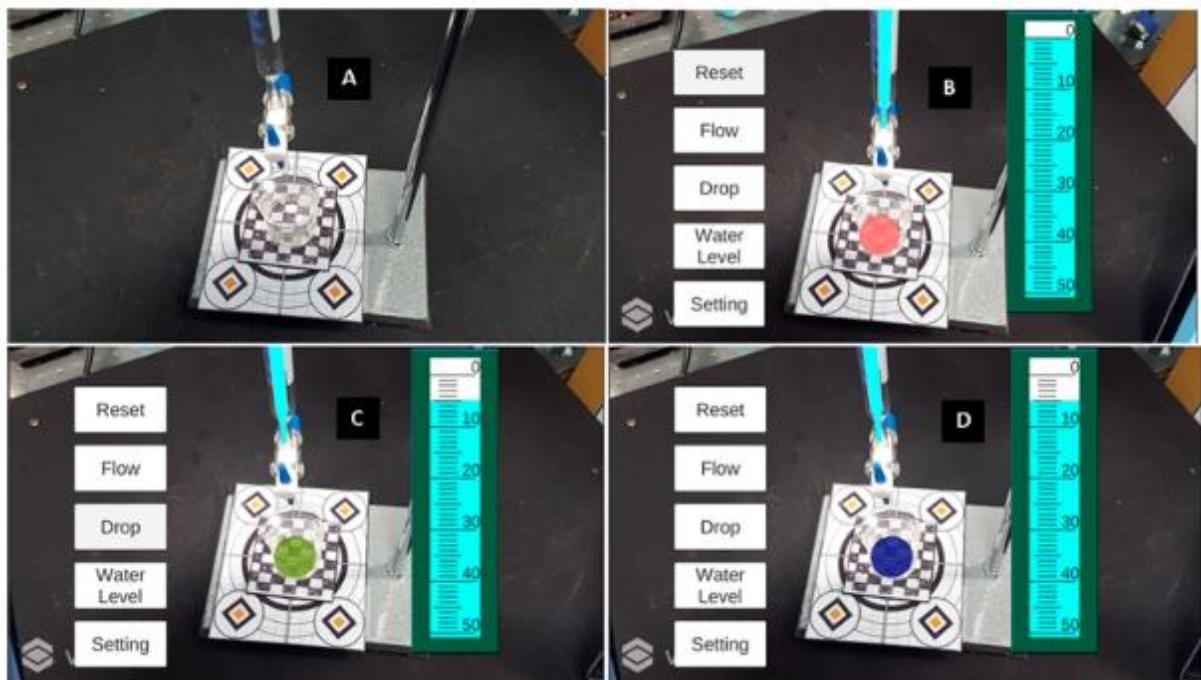
Tee (2018) também apresenta um estudo envolvendo a experimentação e a RA. O aplicativo estudado no artigo foi produzido com o software *Vuforia AR* (SDK), que foi escolhido devido sua compatibilidade com a maioria dos dispositivos móveis.

Uma característica importante do SDK da Vuforia é que ele pode ser desenvolvido para iOS e Android (os sistemas operacionais de praticamente todos os smartphones), ao mesmo tempo que permite o desenvolvimento de aplicativos RA em Unity, que é perfeitamente portátil entre ambas as plataformas. Isso torna os aplicativos de RA desenvolvidos usando Vuforia compatíveis com a maioria dos dispositivos móveis, incluindo iPhone, iPad e telefones e tablets Android¹¹⁹ (Tee, 2018, p. 394, tradução minha, grifo meu).

Com o aplicativo instalado no *smartphone* ou *tablet*, é possível visualizar e operar digitalmente titulações colorimétricas. A Figura 22, mostra o procedimento em pH diferentes.

¹¹⁹ The extension chosen for this work is based on the Vuforia AR software development kit (SDK) and application programming interface (API). An important feature of Vuforia's SDK is that it is amenable for native development in iOS and Android (the operating systems of virtually all smartphones) while also permitting the development of AR applications in Unity which is seamlessly portable between both platforms. This makes AR applications developed using Vuforia compatible with most mobile devices including the iPhone, iPad, and Android phones and tablets.

Figura 22 – Etapas da titulação produzidas pelo aplicativo em diferentes faixas de pH.



Fonte: Tee (2018).

Na Figura 22, (A) corresponde a nenhum comando estabelecido, (B), (C) e (D) correspondem as condições de ponto de pré-equivalência ($\text{pH} = 2$), ponto de equivalência ($\text{pH} = 7$), e ponto de pós-equivalência ($\text{pH} = 11$), respectivamente.

Segundo o autor existem diversas vantagens em utilizar o aplicativo:

*Isso se traduz na **capacidade de vários alunos conduzirem o experimento simultaneamente**, levando à **participação colaborativa e discussões**. [...] A capacidade de **conduzir o exercício com segurança sem supervisão física** também permite que sejam oferecidos **modos de aprendizagem assíncronos e síncronos**¹²⁰ (Tee, 2018, p. 396, tradução minha, grifo meu).*

Ainda segundo Tee (2018), o aplicativo poderia ser utilizado em ensaios pré-laboratório, assim reduziria os erros e a quantidade de reagentes químicos nos ensaios físicos.

¹²⁰ This translates to an ability for multiple students to conduct the experiment simultaneously, leading to collaborative participation and discussions. [...] The ability to conduct the exercise safely without physical supervision also permits for both asynchronous and synchronous learning modes to be offered.

*A experiência adquirida neste método de tentativa e erro deverá **reduzir o uso geral de produtos químicos (ao avançar para o experimento físico real)** e se traduzir em **menores riscos de manuseio envolvidos e impactos negativos no meio ambiente**¹²¹ (Tee, 2018, p. 396, tradução minha, grifo meu).*

No artigo de Tee (2018), as associações entre os diversos atores produziram os enunciados de alta compatibilidade com a maioria dos dispositivos móveis, de operações simultâneas, de modos síncronos e assíncronos de aprendizagem, de redução de erros e de quantidades de resíduos químicos, amarrados ainda, pela avaliação positiva dos estudantes que manipularam o aplicativo (mencionada na seção 5.2.1.1). Todos esses alistamentos ajudaram Tee (2018) a se tornar referência para cinco nós-autoridades (Dietrich (2020), Estudante (2020), Naese (2019), Sanii (2020) e Zhu (2019)), ou seja, laboratório é um mediador na rede que envolve a RA e a educação química.

Diante do exposto, fica claro que o interesse da educação química pelo laboratório não é algo tácito, é resultado de práticas de alistamento, que produzem imagens do laboratório, e atualmente destacam-se os aparatos tecnológicos que estão na frente de nossos olhos, como a TV, e principalmente os *smartphones*, que por meio de suas telas nos permite acessar os laboratórios virtuais, uma outra forma de aprender ciências, associando o espaço escolar com o espaço midiático.

Até agora pontuei sobre os laboratórios projetados pelos aplicativos de RA, entretanto desloco meu o olhar para a produção desses aplicativos, para fora deles, para as parcerias acadêmicas, institucionais, financeiras, laboratoriais, ou seja, acabo retornando para dentro, os laboratórios que foram produzidos, mas para Latour (1983) essas categorias de dentro e fora são totalmente sacudidas e fragmentadas, quando nos dedicamos a descrever a produção da ciência, pela tradução, deslocamento, transferência, pois ao menos uma coisa é certa, todos os atores de alguma forma são deslocados (Latour, 1983).

¹²¹ The experience gained in this trial and error manner should reduce overall chemical usage (when progressing to the actual physical experiment), and translate to lowered handling risks involved and negative impacts on the environment.

Dentre os nós-autoridades, apenas os artigos Plunkett (2019) e Joaquin Franco-Mariscal (2018) foram escritos por um autor, e com exceção de Rose (2019), Plunkett (2019), Eriksen (2020), Joaquin Franco-Mariscal (2018), Maier (2013) por parcerias entre diferentes departamentos/universidades, conforme indica o Quadro 8.

Quadro 8 – As autorias e os seus vínculos institucionais.

Nó-autoridade	Autores	Centro/departamento/Universidade
Yang (2018)	Shuxia Yang Bing Mei	Escola de Línguas Estrangeiras, Universidade de Henan, China
	Xiaoyu Yue	Faculdade de Ciências, Escola de Ciência da Computação, Nova Zelândia
Zhu (2018)	Bolin Zhu Mi Feng Jeffrey Kesselman Lane Harrison	Departamento de Ciência da Computação, Instituto Politécnico de Worcester, Estados Unidos
	Hannah Lowe Robert E. Dempski	Departamento de Química e Bioquímica, Instituto Politécnico de Worcester, Estados Unidos
Naese (2019)	Joseph A. Naese Daniel McAteer Christopher Kelbon Amos Mugweru James P. Grinias	Departamento de Química e Bioquímica, Universidade de Rowan, Estados Unidos
	Karlton D. Hughes	Serviços de multimídia, recursos de informação e tecnologia, Universidade de Rowan, Estados Unidos
Rose (2019)	John Rose Richard Pennington Derek Behmke David Kerven Robert Lutz Julia E. Barker Paredes	Faculdade Georgia Gwinnett, Escola Superior de Ciências e Tecnologia, Estados Unidos
Plunkett (2019)	Kyle N. Plunkett	Departamento de Química e Bioquímica, Universidade do Sul de Illinois, Estados Unidos
Nechypurenko (2019)	Pavlo P. Nechypurenko Viktoria G. Stoliarenko Tetiana V. Starova Tetiana V. Selivanova	Universidade Pedagógica do Estado de Kryvyi Rih, Ucrânia
	Oksana M. Markova	Universidade Nacional Kryvyi Rih, Ucrânia
	Yevhenii O. Modlo Ekaterina O. Shmeltszer	Instituto Metalúrgico Kryvyi Rih da Academia Metalúrgica Nacional da Ucrânia, Ucrânia
Sung (2019)	Rou-Jia Sung	Departamento de Biologia, Carleton College, United States

	Andrew T. Wilson	Tecnologia Acadêmica, Carleton College, Estados Unidos
	Stanley M. Lo	Seção de Biologia Celular do Departamento de Ciências Biológicas e Programa de Educação Matemática e Científica, Universidade da Califórnia em San Diego, Estados Unidos.
	Logan M. Crowl Joseph Nardi Katie St. Clair	Matemática e Estatística, Carleton College, Estados Unidos.
	Jane M. Liu	Departamento de Química, Pomona College, Estados Unidos.
Müssig (2020)	Jörg Müssig	Grupo de Materiais Biológicos do Departamento de Biomimética, Universidade Municipal de Ciências Aplicadas de Bremen, Alemanha.
	Adriano Clark Simon Hoermann Cláudio Loporcaro Tim Huber	Escola de Design de Produto, Universidade de Canterbury, Nova Zelândia
	Giuseppe Loporcaro	Departamento de Engenharia Civil e de Recursos Naturais, Universidade de Canterbury, Nova Zelândia
Bernholt (2019)	Sascha Bernholt, Sara Siebert Ilka Parchmann	Instituto Leibniz de Educação em Ciências e Matemática, Alemanha.
	Karolina Broman	Departamento de Ciências e Educação Matemática, Universidade de Umea, Suécia
Aw (2020)	Jonah Kailer Aw Kevin Christopher Boellaard Yulin Lam	Departamento de Química, Universidade Nacional de Cingapura, Cingapura
	Fun Man Fung Teck Kiang Tan	Instituto de Ciência da Aprendizagem Aplicada e Tecnologia Educacional, Universidade Nacional de Cingapura, Cingapura
	John Yap	Arquitetura e soluções de aplicativos, Tecnologia da Informação, Universidade Nacional de Cingapura, Cingapura
	Yi Ping Loh	Departamento de Comunicações e Novas Mídias, Faculdade de Artes e Ciências Sociais, Universidade Nacional de Cingapura, Cingapura
	Benoît Colasson	Laboratório de Química e Bioquímica Farmacológica e Toxicológica, Universidade de Paris, França
	Étienne Blanc	Câmpus de Ciências Fundamentais e Biomédicas, Universidade de Paris, França

Dietrich (2020)	Nicolas Dietrich Aras Ahmadi Johanne T. Y. Bessière Sandrine Alfenore Stéphanie Laborie Dominique Bastoul Karine Loubière Christelle Guigui Mathieu Sperandio Ligia Barna Etienne Paul Corinne Cabassud Alain Liné Gilles Hébrard	Instituto de Biotecnologia de Toulouse, Universidade de Toulouse, França
	Kalyani Kentheswaran	Laboratório de Engenharia Química, Universidade de Toulouse, França
Tee (2018)	Nicholas Yee Kwang Tee Hong Seng Gan Tuck Wah Ng Han Yen Tan	Departamento de Engenharia Mecânica e Aeroespacial, Universidade de Monash, Austrália
	Jonathan Li	Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade de Monash, Austrália
	Brandon Huey-Ping Cheong	Escola de ciências, Universidade Católica da Austrália, Austrália
	Oi Wah Liew	Instituto de pesquisa Cardiovascular, Escola de Medicina, Universidade Nacional de Cingapura, Cingapura
Eriksen (2020)	Kristina Eriksen Bjarne E. Nielsen Michael Pittelkow	Departamento de Química da Universidade de Copenhagen, Dinamarca
Estudante (2020)	Anabela Estudante	Agrupamento de Escolas João de Deus, Faro, Portugal
	Nicolas Dietrich	Instituto de Biotecnologia de Toulouse, Universidade de Toulouse, França
An (2020)	Jiwoo An Thomas A. Holme	Departamento de Química, Universidade do Estado de Iowa, Estados Unidos
	Laila-Parvin Poly	Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade do Estado de Iowa, Estados Unidos
Joaquin Franco-Mariscal (2018)	Joaquin Franco-Mariscal	Faculdade de Ciências da Educação, Didática das Ciências Experimentais, Universidade de Málaga, Espanha
Maier (2013)	Patrick Maier Gudrun Klinker	Universidade Técnica de Munique, Instituto de Ciência da Computação, Alemanha

Fonte: Artigos nós-autoridades.

A produção dos aplicativos e artigos, envolvendo a RA e a

educação química, alistou autores para além de departamentos da área da química. Dentre eles destacam-se o de engenharia/ciências da computação, de química, de biotecnologia, de bioquímica e das engenharias: elétrica, mecânica, aeroespacial e química. Vale pontuar que, 4 artigos nós-autoridades foram escritos por pesquisadores da área de educação em ciências/química (Sung (2019), Bernholt (2019), Aw (2020) e Joaquin Franco-Mariscal (2018)).

Vemos aqui, movimentos de translação, que “consiste em combinar dois interesses até então diferentes [...] num objetivo composto” (Latour, 2017, p. 106), ou seja, departamentos que até então não se interessavam por questões educacionais, e sim por estudos e produção softwares/aplicativos para processos químicos e biomoleculares¹²², diagnóstico e tratamento de doenças cardíovasculares¹²³, cromatografia líquida¹²⁴, mecanismos moleculares de proteínas da membrana plasmática¹²⁵, apresentaram o mesmo objetivo: produzir aplicativos de RA direcionados as aulas de ciências/química.

Além de trabalhar dentro do laboratório, o chefe deve viajar para fora dele para garantir fontes novas e frescas de apoio (Latour, 2011). Além das ações de mobilização de pesquisadores, estudantes da graduação, pós-graduandos, outros laboratórios e instituições, chamado por Latour (2011) de força de trabalho, existe o elemento dinheiro. O apoio financeiro só virá, caso o chefe consiga por argumentos e instrumentos convencer as instituições de fomento.

Nove nós-autoridades da rede envolvendo a RA e a educação química conseguiram financiamento para a produção de seus aplicativos. Os nós-autoridades e as agências de fomento estão listados no Quadro 9.

¹²²<https://www.toulouse-biotechnology-institute.fr/en/plateformes-plateaux/plateau-danalyses-chimiques-et-des-biomolecules/>

¹²³ <https://medicine.nus.edu.sg/cvri/#>

¹²⁴ <https://works.bepress.com/james-grinias/>

¹²⁵ <https://labs.wpi.edu/dempskilab/>

Quadro 9 – Nós-autoridades e suas agências de fomento.

Nó-autoridade	Apoio financeiro
Zhu (2018)	Bolsa de Inovação em Ensino do Instituto Politécnico de Worcester (WPI); Fundo Memorial Messier do WPI
Rose (2019)	Programa de Mini-Grants da Iniciativa STEM II do Sistema Universitário da Geórgia
Plunkett (2019)	National Science Foundation (NSF) - Programa de Desenvolvimento de Carreira Inicial do Corpo Docente (CAREER)
Sung (2019)	National Science Foundation (NSF)
Eriksen (2020)	Conselho Dinamarquês para Pesquisa Independente Det Frie Forskningsrad
Aw (2020)	Programa de Oportunidades de Pesquisa de Graduação em Ciências (UROPS) da Universidade Nacional de Cingapura
An (2020)	Divisão de Educação de Graduação da National Science Foundation (NSF) National Science Foundation (NSF)
Joaquin Franco-Mariscal (2018)	Ministério da Economia e Finanças da Espanha
Maier (2013)	Escola Internacional de Pós-Graduação de Ciências e Engenharia (IGSSE)

Fonte: Artigos nós-autoridades.

Eriksen (2020) e An (2020) tiveram suas pesquisas financiadas provavelmente, pela mediação do vírus da Covid-19, de uma realidade de escolas fechadas e a necessidade da continuidade dos estudos. Rose (2019), Plunkett (2019), Sung (2019), Joaquin Franco-Mariscal (2018), tiveram suas pesquisas financiadas por instituições de ensino e órgãos do governo, vinculados a editais específicos, relacionados a programas de bolsa de permanência na graduação relacionadas a produção de recursos didáticos digitais e formação docente. Já a pesquisa de Zhu (2018) e Maier (2013) foram desenvolvidas no grupos de pesquisa, *Intentional Design Studio (IDeAS)*¹²⁶ e *Fachgebiet für Augmented Reality* (FAR), respectivamente. Estes grupos trabalham especificamente com a tecnologia de RA com imagens médicas, engenharia arquitetônica, desenvolvimento de aplicativos educacionais, ambientes simulados, dentre outras produções. “Quanto mais o laboratório cresce, mais amplo é o processo de mobilização de elementos não humanos em nome dos quais os cientistas falam” (Latour, 2011, p. 252).

A defesa em torno do uso da RA na educação química tem diversos atores, e suas associações não estavam explícitas nas redes digitais

¹²⁶ <https://ids.wpi.edu/>

de coocorrência de palavras chaves e de acoplamento bibliográfico, elas ‘apareceram’ pelos movimentos de descrição, em que trouxeram à tona as negociações, as alianças entre os humanos e não humanos, os enunciados da química envolvente, da educação móvel, das alianças institucionais e financeiras, e quem se estabiliza é a educação química, que associada a RA se mantém na rede.

6 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES...

Quais atores e associações estão presentes nos textos científicos da WoS, para arregimentar aliados ao uso da RA na educação química?

Para responder esta pergunta, busquei nas redes digitais de coocorrência de palavras-chaves e de acoplamento bibliográfico, identificar os atores humanos e não humanos e descrever suas associações na produção de enunciados em defesa ao uso da RA nas aulas de química.

Essas redes, produzidas com os dados da plataforma WoS e o programa de *VOSViewer*, estabeleceram o início do processo de estudo analítico desta tese. Entretanto, “rede não é um dado, é um resultado” (Segata, 2013, p. 144), então foi necessário seguir o fluxo de ações que levaram a produção destas redes. Neste sentido, meu olhar se deslocou para os artigos mais citados, nós-autoridades, pois o *status* científico de um artigo se dá quando ele se torna referência para novos textos (Latour, 2011), e esta estabilização está relacionada com a retórica, com a quantidade de associações que consegue estabelecer, assim segui os rastros, inscrições de ações na rede na busca pelos mediadores.

Quais foram esses mediadores?

Diante da cultura digital das misturas entre sujeitos, mídias e comunicações, nos deparamos com a ubiquidade das tecnologias digitais, e para dentro das redes de coocorrência de palavras-chaves e de AB também foi possível identificar mediadores pertencentes a cultura digital: *smartphone*, internet, aplicativos de RA, plataformas, educação móvel... atores não humanos que ajudaram os artigos a se estabelecerem na rede.

O vírus da Covid-19 também foi um mediador na rede, porque arregimentar humanos e não humanos, sendo um ator dentro do artigo não-autoridade mais citado da rede de AB, e por mobilizar a revista na criação de uma edição específica, tratando das experiências da educação química frente ao cenário da pandemia do Coronavírus.

Outros atores presentes na rede estão relacionados com a área da educação química, sendo as estruturas atômicas e

(macro)moleculares, reações químicas e equipamentos de laboratório, que deixam de ser invisíveis por meio do processo de descrição pelo eixo das traduções no plano latouriano da mediação, em que atores humanos (químicos, engenheiros da computação, programadores...) e não humanos (plataformas, aplicativos de RA, *smartphones*...) se associam para materializar as realidades (átomos, (macro)moléculas, reações, o funcionamento da coluna do espectômetro de massa...).

Podemos perceber que a rede em torno do discurso em defesa do uso da RA nas aulas de química, foi produzida pelas diversas associações entre os humanos e não humanos, pela multiplicidade de materiais heterogêneos. A educação móvel, os aplicativos de RA, as plataformas desenvolvedoras, o *smartphone*, o vírus da Covid-19, o cientista da computação, o químico, o biotecnólogo, o engenheiro, a instituição de ensino, a bolsa de inovação, todos são responsáveis pela produção da rede. Esse protagonismo tanto dos humanos quanto dos não humanos, que é o centro do debate do pensamento latouriano, o filósofo propõe “uma possível conexão simétrica humano-não humano ao invés da pura e simples relação humano x não humano” (Rezzadori; Oliveira, 2018, p. 227).

Neste sentido, pensando simetricamente, sobre a utilização dos aplicativos de RA nas aulas de química, não podemos atribui-los o papel de intermediários, de instrumentos a serviço do professor de química, no processo de transmissão e de melhora na aprendizagem de um determinado tipo de conhecimento químico. Pense em outros atores, como o quadro, giz, livros didáticos, projetor multimídia, “experimente tirá-los e veja se os ambientes e práticas educativas ainda sobrevivem” (Rezzadori, 2018, p. 235). Eles não são meras ferramentas a serviço dos fins que lhes foram concebidos, os não humanos “nos fazem fazer, ganham, a cada dia, não só uma maior abrangência, invadindo todas as áreas da vida quotidiana, como também maior poder prescritivo, indicando e nos fazendo fazer coisas em um futuro próximo” (Lemos, 2013c, p. 16).

Esses atores humanos e não humanos encontrados na minha pesquisa produziram uma rede que não é estática, uma vez que outros atores podem sair ou entrar, a simples mudança da base da dados de

seleção dos artigos pode formar uma outra rede. O vírus da Covid-19 que foi um mediador importante na produção acadêmica em torno da RA e a educação química, pode não estar entre os atores. Ou seja, a rede é dinâmica e se faz pela ação coletiva de atores, sendo que seu movimento de produção “só pode ser captado [...] quando ocorre uma ligeira mudança numa associação mais antiga, da qual nasce outra nova e um pouco diferente” (Latour, 2012, p. 62). Fica então a sugestão para os próximos estudos!

Em falar em próximos estudos, espero que consiga alistar outros pesquisadores da área da educação química, ao uso do *software VOSViewer*, um não humano que ao compor a rede da produção cultural da educação química, pode nos ajudar na produção de pesquisa envolvendo redes de citações, acoplamento bibliográfico, cocitação e de coautoria de várias temáticas envolvendo as diversas práticas educativas químicas.

Por fim, espero mobilizar mais pessoas a se interessarem por Bruno Latour, de pensar as ciências como qualquer outra prática social, em que os cientistas utilizam estratégias persuasivas para alistar humanos e não humanos para garantir a aceitação e estabilização dos enunciados por eles produzidos/inventados. Ao transladar esse pensamento para a área da educação, e influenciado pelas palavras de Lemos (2013c), penso que a ação educativa se torna menos antropocêntrica, uma vez que os objetos/aparatos tecnológicos digitais também são partícipes na aprendizagem, humanos educam e artefatos também.

7 INTERLOCUTORES... REFERÊNCIAS

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **Da alquimia à Química**: um estudo sobre a passagem do pensamento mágico-vitalista ao mecanicismo. São Paulo: Landy Livraria, 2001.

ALVES, R. **O que é científico?** São Paulo: Edições Loyola, 2011.

ALVES, R. **Religião e repressão**. Juiz de Fora: Editora Siano, 2020.

ARAÚJO, R. F. Leituras de Bruno Latour na ciência da informação: analisando citações. **PontodeAcesso**, v. 3, n. 3, p. 299-316, 2009.

AMARAL, M. B. O que a natureza vende? Um olhar sobre as representações de natureza no discurso publicitário. **Educação & Realidade**, v. 22, n. 2, p. 117-132, 1997.

AMARAL, M. B. Mídia e educação: representações de natureza na publicidade. In: ENCONTRO PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL. 7. 2013. **Anais** [...]. Rio Claro: EPEA, 2013.

ANAMI, B. M. **Boas práticas de realidade aumentada aplicada à educação**. 2013. 50f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Estadual de Londrina, 2013.

ANDRADE, P. D. DE; COSTA, M. V. Nos rastros do conceito de pedagogias culturais: invenção, disseminação e usos. **Educação em Revista**, n. 33, 2017.

ANSIEDADE: Brasil tem maior índice de pessoas com transtorno no mundo. **Portal G1**. 06 dez. 2020. Fantástico. Disponível em: <https://g1.globo.com/fantastico/noticia/2020/12/06/ansiedade-e-o-transtorno-mais-comum-entre-os-brasileiros-sintomas-pioraram-durante-a-pandemia.ghtml>. Acesso em: 11 mar. 2023.

ANTUNES, R.; FILGUEIRAS, V. Plataformas digitais, uberização do trabalho e regulação no capitalismo contemporâneo. In: ANTUNES, R. **Uberização, trabalho digital e indústria 4.0**. São Paulo: Boitempo, 2020.

ATTALI, J. **L'Homme nomade**. Paris: Fayard, 2003.

AUFFRAY, J. P. **O Átomo**. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.

AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. Recent Advances in Augmented Reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2011.

BASTOS, S. N.; CHAVES, S. N. Das telas à sala de aula: como se inventa um professor de Biologia? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Águas de Lindóia. **Anais** [...]. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2015, p. 1-8.

BARCELLOS, J. O pensador da tecnociência. **Episteme**, v. 2, n. 4, p. 27–32, 1997.

BAUDRILLARD, J. **Simulacros e simulações**. Lisboa: Relógio d'Água, 1991.

BAUDRILLARD, J. Big Brother: telemorfose e criação de poeira. **Revista FAMECOS**, v. 9, n. 17, p. 07, 2002.

BAUDRILLARD, J. **A troca simbólica e a morte**. São Paulo: Edições Loyola, 1996.

BAUMAN, Z. Zygmunt bauman: Entrevista sobre a educação. desafios pedagógicos e modernidade líquida. **Cadernos de Pesquisa**, v. 39, n. 137, p. 661–684, 2009.

BAUMAN, Z. **A cultura no mundo líquido moderno**. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

BENSAUDE-VINCENT, B. **As vertigens da tecnociência**: moldar o mundo átomo por átomo. São Paulo: Ideias & Letras, 2013.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.

BICCA, A. D. N.; WORTMANN, M. L. C. Ciborgues, robôs e clones na pedagogia do cinema. **Conjectura**. v. 15, n. 2, p. 39-53, 2010.

BICCA, A. D. N.; WORTMANN, M. L. C. Olhando o presente a partir do futuro: a pedagogia do cinema de ficção científica. **Educação**, v. 36, n. 3, p. 363–372, 2013.

BONIFÁCIO, V. D. B. QR-coded audio periodic table of the elements: A mobile-learning tool. **Journal of Chemical Education**, v. 89, n. 4, p. 552–554, 2012.

BONIFÁCIO, V. D. B. Offering QR-code access to information on nobel prizes in chemistry, 1901-2011. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 10, p. 1401–1402, 2013.

BORTOLAZZO, S. F. Das conexões entre cultura digital e educação. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 22, n. 2, p. 369–388, 2020.

BRASIL é o país mais ansioso do mundo, segundo a OMS. **Exame**. 5 jun. de 2019. Ciência. Disponível em: <https://exame.com/ciencia/brasil-e-o-pais-mais-ansioso-do-mundo segundo-a-oms/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

BRASIL é pior país do mundo na gestão da epidemia de Covid-19, aponta estudo australiano. **Portal G1**, 28 jan. 2021. Mundo. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2021/01/28/brasil-e-pior-pais-do-mundo-na-gestao-da-epidemia-de-covid-19-aponta-estudo-australiano.ghtml>. Acesso em: 11 mar. 2023.

BRASIL é o pior entre 98 países na gestão da pandemia de covid-19, diz estudo. **Poder 360**, 28 jan. 2021. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/brasil/brasil-e-o-pior-entre-98-paises-na-gestao-da-pandemia-do-coronavirus-aponta-estudo/>. Acesso em 11 mar. 2023.

BRASIL é pior país do mundo na gestão da pandemia de covid-19, diz estudo australiano. **Portal UOL**, 28 jan. 2021. Saúde. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/rfi/2021/01/28/brasil-e-pior-pais-do-mundo-na-gestao-da-epidemia-de-covid-19-aponta-estudo-australiano.htm>. Acesso em: 11 mar. 2023.

BRUNO, F. A rede e o problema da mediação: uma nota sobre o ciberespaço. **Série Documenta**, v. VIII, n. 12-13, p. 185-212, 2003.

CAMARGO, C. S. **Com grandes poderes vêm grandes responsabilidades**: a vida acadêmica e as formações identitárias de Peter Parker nas histórias em quadrinhos do Homem-aranha. 2020. 90f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, 2020.

CAMARGO, S. Em ranking global, Brasil aparece como pior país na gestão da pandemia. **Conexão Planeta**, 28 jan. 2021. Saúde. Disponível em: <https://conexaoplaneta.com.br/blog/em-ranking-global-brasil-aparece-como-pior-pais-na-gestao-da-pandemia/#fechar>. Acesso em: 11 mar. 2023.

CANCLINI, N. G. **Leitores, espectadores e internautas**. São Paulo: Iluminuras, 2008.

CARDOSO, T. O real na perspectiva latouriana. **Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 12, p. 119–137, 2015.

CARDOSO, T. S.; SANTAELLA, L. A relevância da mediação no pensamento de Bruno Latour. In: ALZAMORA, G.; ZILLER, J.; COUTINHO, F. **Dossiê Latour**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2021, p. 141-177.

CASTELLO, L. A.; MÁRSICO, C. T. **Oculto nas palavras**: Dicionário etimológico para ensinar e aprender. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

CASTRO, B. J. **Representações modernas de natureza nas Histórias em Quadrinhos Do Papa-Capim**. 2013. 86f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, 2013.

CASTRO, B. J. **O Antropoceno e a urgência de pensar possibilidades não modernas para a análise de questões ambientais**: a controvérsia da solução para a poluição dos oceanos por plásticos. 2018. 140f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, 2018.

CHANG, R. **MEL Science Launches Virtual Reality Chemistry Lessons**. 15

jun. 2017. Disponível em:

<https://thejournal.com/articles/2017/06/15/mel-science-launches-virtual-reality-chemistry-lessons.aspx>. Acesso em: 12 mar. 2022.

CHASSOT, A. Sobre prováveis modelos de átomos. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 3, 1996.

CHEN, Y. C. A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL REALITY CONTINUUM AND ITS APPLICATIONS. 2006. **Anais** [...]. ACM, 2006.

COMENIUS, J. A. **Didáctica Magna**. Praga: Fundação Calouste Gulbenkian, 2015.

CORAZZA, S. M. Labiritos da pesquisa, diante dos ferrolhos. In: COSTA, M. V. **Caminhos Investigativos I: Novos olhares na pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: Lamparina Editora, 2007. p. 105–132.

CORAZZA, S. M. Manual infame... mas útil, para escrever uma boa proposta de tese ou dissertação. **Em Tese**, v. 22, n. 1, p. 95, 2016.

COSSIO, M. F. A nova gestão pública: alguns impactos nas políticas educacionais e na formação de professores. **Educação** (Porto Alegre), v. 41, n.1, p. 66-73, 2018.

COSTA, E. G.; NEBEL, L. O quanto vale a dor? Estudo sobre a saúde mental de estudantes de pós-graduação no Brasil. **Polis - Revista Latinoamericana**, v. 17, n. 50, p. 207–227, 2018.

COURTIAL, J.P. **Introduction à la scientométrie**: de la bibliométrie à la veille technologique. Paris: Anthropos, 1990.

CUNHA, M. P. O mercado financeiro chega à sala de aula: educação financeira como política pública no Brasil. **Educação & Sociedade**, v. 41, 2020.

DELEUZE, G.; GUATTARI, F. **Mil platôs**: capitalismo e esquizofrenia. Volume 1. Rio de Janeiro: Editora 34, 1995.

DODGE, B. Webquests: a technique for internet-based learning. **The Distance Educator**, v. 1, n. 2, p. 10–13, 1995.

ECK, N. J. VAN; WALTMAN, L. **VOSviewer Manual**, 2012. Disponível em: https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.5.2.pdf. Acesso em 11 mar. 2023.

EDGERTON, S. Y. Brunelleschi's mirror, Alberti's window, and Galileo's "perspective tube". **Historia, Ciencias, Saude - Manguinhos**, v. 13, n. supplement, p. 151–179, 2006.

EGGHE, L.; ROUSSEAU, R. Co-citation, bibliographic coupling and a characterization of lattice citation networks. **Scientometrics**, v. 55, n. 3, p. 349–361, 2002.

ESTEVAM, A.; SANSI, R. O evento Latour: História, simetria e diplomacia. **Cadernos de Campo**, v. 27, n. 1, p. 233–254, 2018.

FARAUM JUNIOR, D. P. **Webquest no ensino de química:** Uma análise das tarefas utilizando a Taxonomia Digital de Bloom. 2017. 113f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, 2017.

FARAUM JUNIOR, D. P.; OLIVEIRA, M. A.; PASSOS, M. M. A Realidade Aumentada no ensino de química: levantamento na Revista Química Nova na Escola. In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA. 7. 2021. **Anais** [...]. Campo Mourão: Event, 2021.

FARAUM JUNIOR, D. P.; OLIVEIRA, M. A. O pensamento pedagógico moderno da química atraente no aplicativo Rapp Chemistry. In: SEMANA DA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA. 36. 2021. **Anais** [...]. Londrina: 2021

FARY, B. A.; POLIZEL, A. L.; OLIVEIRA, M. A.; SAVIOLI, A. M. P. D. Modos de (re)pensar a experimentação e seus ensinos. **Revista Valore**, v. 6, n. Edição Especial, p. 263–276, 2021.

FARY, B. A.; OLIVEIRA, M. A. Uma forma de espanto: pensando uma aula de química com o seriado televisivo Breaking Bad. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 167–183, 2018.

FERREIRA, T. V.; RIBEIRO, J. S.; CLEOPHAS, M. G. A ciência pelas lentes dos smartphones: o potencial do aplicativo QR CODE no ensino de Química. **Revista Thema**, v. 15, n. 4, p. 1217-1233, 2018.

FERES AUA, P. M. Análise do conceito de ciência em Bruno Latour nas obras A Esperança de Pandora e Jamais Fomos Modernos. **Sociologias Plurais**, v. 6, n. 2, p. 179–190, 2020.

FONSECA, E. N. DA. Bibliografia Estatística e Bibliometria: Uma Reivindicação de Prioridades. **Ciência da Informação**, v. 2, n. 1, p. 5–7, 1973.

FOUCAULT, M. O sujeito e o poder. In: RABINOW, P.; DREYFUS, H. **Foucault:** uma trajetória filosófica para além do estruturalismo e da hermenêutica. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995, p. 231-250.

FREIRE, L. L. A ciência em ação de Bruno Latour. **Cadernos IHU ideias**, n. 192, 2013.

FREIRE, L. L. Seguindo Bruno Latour: notas para uma antropologia simétrica. **Comum**, v. 11, n° 26 , p. 46-65, 2006.

FREIRE, G. M.; HEIMANN, J. P.; CUNHA, L. H. R. Análise da produção científica de brasileiros acerca da certificação florestal. **Revista Brasileira Multidisciplinas (ReBraM)**, v. 24, n. 2, p. 264–279, 202

FREITAS, A. R. P.; PAIVA, L. E. B. Revisão da produção científica internacional de brasileiros acerca das mudanças climáticas. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 95–113, 2018.

FREITAS, L. C. **A reforma empresarial da educação**: a nova direita, velhas ideias. São Paulo: Expressão popular, 2018.

FREM, R. C.; ARROYOS, G.; FLOR, J. B.; ALVES, R. C.; LUCENA, G. N., SILVA, C. M. D.; COURA, M. F. MOFs (Metal-Organic Frameworks): Uma fascinante classe de materiais inorgânicos porosos. **Química Nova**, v.41, n. 10, p. 1178-1191, 2018.

FURHT, B. **Handbook of Augmented Reality**. New York: Springer New York, 2011.

GALILEI, G. **Sidereus nuncius**: O mensageiro das estrelas. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

GLÄNZEL, W. **Bibliometrics as a research field**: A course on Theory and Application of Bibliometric Indicators. Course Handouts, 2003.

GOMES, F. **Maldita química, mal consigo prever seus movimentos**: as associações que movimentam a química no canal do youtube manual do mundo. 2019. 133 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2019.

GOMES, F.; OLIVEIRA, M. A. O Manual do Mundo: as derivas da educação química. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 248, 2018.

GOMES, F.; OLIVEIRA, M. A. A Química no movimento do it yourself: Uma estratégia de arregimentação de seguidores. **Koan: Revista de Educação e Complexidade**, n. 7, p. 66–78, 2019.

GOMES, F.; POLIZEL, A. L.; OLIVEIRA, M. A. Estratégias de arregimentação de interesses produzidas em um laboratório (virtual) de Química. **Revista Valore**, v. 3, p. 533–541, 2018.

GRÁCIO, M. C. C. Acoplamento bibliográfico e análise de cocitação: revisão teórico-conceitual. **Encontros Bibli: Revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 21, n. 47, p. 82–99, 2016.

GRANDO, J. W.; CLEOPHAS, M. G. Aprendizagem Móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a Realidade Aumentada. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 2, p. 148-154, 2021.

GROHMAN, R. Plataformização do trabalho: entre a dataficação, a financeirização e a racionalidade neoliberal. **Revista Eptic Online**, v. 22, n.

1, 2020.

GUTIERRIZ, I.; LOPES, I.; RODRIGUEZ, V.; FERNANDES, P. O.; JATOBÁ, M. O QR Code como ferramenta de divulgação da cultura e promoção da cidade de Salvador (Brasil). **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. 24, p. 140–150, 2019.

HALL, S. **Da diáspora**: identidades e mediações culturais. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2003.

HALL, S. **Cultura e representação**. Rio de Janeiro: Editora PUC-Rio, 2016.

HAYASHI, M. C. P. I. Sociologia da ciência, bibliometria e cienciometria: contribuições para a análise da produção científica. In: SEMINÁRIO DE EPISTEMOLOGIA E TEORIAS DA EDUCAÇÃO. 4. **Anais** [...]. Campinas: Faculdade de Educação, 2012.

HE, Q. Knowledge discovery through co-Word analysis. **Library Trends**, v. 48, n. 1, p. 133–159, 1999.

HEINSFELD, B. D.; PISCETOLA, M. Cultura digital e educação, uma leitura dos Estudos Culturais sobre os desafios da contemporaneidade. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 12, n. esp. 2, p. 1349–1371, 2017.

HOCHMAN, G. A Ciência entre a Comunidade e o Mercado: leituras de Kuhn, Bourdieu, Latour e Knorr-Cetina. In: PORTOCARRERO, V. **Filosofia, história e sociologia das ciências I**: abordagens contemporâneas. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994. p. 199–231.

HOLME, T. A. Introduction to the journal of chemical education special issue on insights gained while teaching chemistry in the time of COVID-19. **Journal of chemical education**, v. 97, n. 9, p. 2375–2377, 2020.

HOLTON, G. On the Art of Scientific Imagination. **Deadalus**, v. 125, n. 2, p. 183–208, 1996.

JAGODZINSKI-SIGOGNEAU, M.; COURTIAL, J.; LATOUR, B. How to measure the degree of independence of a research system?. **Scientometrics**, v. 4, n. 2, p. 119–133, 1982.

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.

JOLY, M. **Introdução à análise da Imagem**. Campinas: Papirus, 1996.

JORGE, L.; PEDUZZI, L. O. Q. A exemplificação da não neutralidade da observação científica por meio dos desenhos lunares retratados no século XVII. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, p. 179–200, 2018.

KANT, I. **Sobre a Pedagogia**. Piracicaba: Unimep, 1999.

KELLNER, D. Lendo imagens criticamente: em direção a uma pedagogia pós-moderna. In: SILVA, T. T. **Alienígenas em sala de aula: Uma introdução aos estudos culturais em educação**. Petrópolis: Editora Vozes, 2012. p. 101-127.

KESSLER, M. M. Bibliographic coupling between scientific papers. **American Documentation**, v. 14, n. 1, p. 10-25, 1963.

KIDDER, T. **The Soul of a New Machine**. London: Allen Lane, 1981.

KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de Realidade Virtual. In: ROMERO, T.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade virtual e aumentada**. Belém: Editora SBC, 2006a. p. 2-20.

KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de Realidade Aumentada. In: ROMERO, T.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade virtual e aumentada**. Belém: Editora SBC, 2006b. p. 21-34.

LATOUR, B. Give me a laboratory and i will raise the world. In: KNORR-CETINA, K. D.; MULKAY, M. **Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science**. Londres: SAGE, 1983. p. 141-170.

LATOUR, B. Os objetos têm história? Encontro de Pasteur com Whitehead num banho de ácido láctico. **História, Ciências, Saúde - Manguinhos**, v. 2, p. 07-26, 1995.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos:** ensaio de antropologia simétrica. Rio de Janeiro: Editora 34, 1994.

LATOUR, B. Thought experiments in social science: from the social contract to virtual society. In: 1ST VIRTUAL SOCIETY? ANNUAL PUBLIC LECTURE. **Anais** [...]. 1, 1998. London: Brunel University, 1998.

LATOUR, B. **Reflexão sobre o culto moderno dos deuses fe(i)tiches**. Bauru: EDUSC, 2002.

LATOUR, B. **Políticas da natureza:** como fazer ciência na democracia. São Paulo: EDUSC, 2004.

LATOUR, B. **Ciência em ação:** como seguir cientistas e engenheiros mundo à fora. São Paulo: UNESP, 2011.

LATOUR, B. **Reagregando o social:** Uma introdução à Teoria do Ator-Rede. São Paulo: EDUSC, 2012.

LATOUR, B. Faturas/fraturas: da noção de rede à noção de vínculo. **Ilha**, v. 17, n. 2, p. 123- 146, 2015.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora**. São Paulo: UNESP, 2017.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório:** a produção dos fatos

científicos. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LAW, J. **Notas sobre a teoria do ator-rede**: ordenamento, estratégia heterogeneidade. Trad., Fernando Manso. 2007. Disponível em: <http://www.necso.ufrj.br/Trads/Notas%20sobre%20a%20teoria%20Atorrede.htm>. Acesso em 14 ago. 2023.

LAW, J. **Making a mess with method**. 2003. Disponível em: <https://www.lancaster.ac.uk/fass/resources/sociology-online-papers/papers/law-making-a-mess-with-method.pdf>. Acesso em: 14 maio. 2023.

LEITE, B. S. Aprendizagem tecnológica ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 4, n. 3, p. 580–609, 2018.

LEITE, B. S. **Tecnologias no ensino de química**: teoria e prática na formação docente. Curitiba: Appris, 2015.

LEITE, B. S. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de química. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 6, 2020.

LEMOS, A. Cultura da Mobilidade. **FAMECOS**, n. 40, p. 28–35, 2009.

LEMOS, A. Espaço, mídia locativa e teoria ator-rede. **Galáxia (São Paulo)**, v. 13, n. 25, p. 52–68, 2013a.

LEMOS, A. Realidad aumentada. Narrativa y medios de georreferencia. In: AMARANTA, S. **Móbile**: Reflexión y experimentación en torno a los medios locativos en el arte contemporáneo en México. México: CENART, 2013b. p. 85–103.

LEMOS, A. **A comunicação das coisas**: teoria ator-rede e cibercultura. São Paulo: Annablume, 2013c.

LEMOS, A.; QUEIROZ, C. Memórias soteropolitanas Realidade Aumentada na cidade do Salvador. **Inclusão Social**, v. 5, n. 2, p. 128–136, 2012.

LEMOS, M. De volta aos átomos: Movimento Maker, Hardware livre o surgimento de uma nova revolução industrial. **Observatório Itaú Cultural**, n. 16, p. 20–35, 2014.

LEMOS, A. **A tecnologia é um vírus**: pandemia e cultura digital. Porto Alegre: Sulinas, 2021.

LENOIR, T. A ciência produzindo a natureza: O museu de história naturalizada. **Episteme**, v. 2, n. 4, p. 55–72, 1997a.

LENOIR, T. A virtualidade na ciência: o caso das cirurgias virtuais. **Episteme**, v. 2, n. 4, p. 73–101, 1997b.

LENOIR, T. **Instituindo a Ciência**: A produção cultural das disciplinas científicas. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2004.

LÉVI-STRAUSS, C. **O pensamento selvagem**. Campinas: Papirus, 1989.

LÉVY, P. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 2010.

LÉVY, P. **O que é virtual?** São Paulo: Editora 34, 2011.

LÉVY, P. **A inteligência coletiva: por uma antropologia do ciberespaço**. São Paulo: Edições Loyola, 2015.

LIMA, A. L. D. **Retratos da educação no contexto da pandemia do coronavírus**: Um olhar sobre múltiplas desigualdades. Fundação Carlos Chagas, 2020.

LUCAS, E. D. O.; GARCIA-ZORITA, J. C.; SANZ-CASADO, E. Evolução histórica de investigação em informetria: ponto de vista espanhol. **Liinc em Revista**, v. 9, n. 1, p. 255-270, 2013.

LUCAS, E. O.; GARCIA-ZORITA, J. C. Produção científica sobre Capital Social: estudo por acoplamento bibliográfico. **Em Questão**, v. 20, n. 3, p. 27-42, 2014.

MACEDO, A. DE C.; SILVA, J. A.; BURIOL, T. M. Usando Smartphone e Realidade aumentada para estudar Geometria espacial. **Renote**, v. 14, n. 2, p. 1-10, 2016.

MACHADO, L. R. S. Políticas de formação de professores: notório saber e possibilidades emancipatórias. **Retratos da Escola**, v. 15, n. 31, p. 95-109, 2021.

MALLMANN, E. M. Redes e mediação: princípios epistemológicos da Teoria da Rede de Mediadores em educação. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 54, p. 221-241, 2010.

MALLMANN, E. M.; CATAPAN, A. H. Performace docente na mediação pedagógica em Educação à Distância. **Revista Inter. Ação**, v. 35, n. 2, 2010.

MÉLLO, R. P. Aparatos de inscrição segundo Latour e Woolgar: Trabalhando com materialidade em documentos. **Athenea Digital**, v. 16, n. 3, p. 367-378, 2016.

MELLO, M. B.; SANTOS, C. C. F.; PEREIRA, R. S. A outra face da era digital: nova gestão pública e controle do trabalho docente. **Retratos da escola**, v. 16, n. 36, p. 899-916, 2022.

MELO, M. F. A. Seguindo as pipas com a metodologia da TAR. **Revista do Departamento de Psicologia - UFF**, v. 19, p. 169-185, 2007.

MELO, M. R.; NETO, E. G. D. L. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p.

112–122, 2013.

MELONI, R.; VIANA, H. E. B. O ensino de Química no Brasil e os debates sobre o atomismo: um estudo dos programas da educação secundária (1850–1931). **Química Nova na Escola**, v. 39, p. 46–51, 2017.

MELZER, E. E. M.; AIRES, J. A. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 11, n. 22, p. 62–77, 2015.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. **Telemanipulator and Telepresence Technologies**, v. 2351, p. 282–292, 1994.

MORAES, M. Sobre a noção de rede e a singularidade das ciências. **Revista Documenta**, v. 8, n. 12/13, p. 57–70, 2002.

MOREIRA, I. D. C. Conferência Nobel de Thomson sobre a Descoberta do Elétron. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 299–307, 1997.

MORTIMER, E. F. Concepções atomísticas dos estudantes. **Química Nova na Escola**, v. 1, p. 23–26, 1995.

NELSON, C.; TREICHLER, P. A.; GROSSBERG, L. Estudos Culturais: Uma introdução. In: SILVA, T. T. **Alienígenas em sala de aula: Uma introdução aos estudos culturais em educação**. Petrópolis: Editora Vozes, 2012. p. 7–37.

NIEBORG, D.; POELL, T. The platformization of cultural production: Theorizing the contingent cultural commodity. **New Media & Society**, v. 20, n. 11, p. 4275–4292, 2018.

OLIVEIRA, M. A. **Os laboratórios de Química no ensino médio**: um olhar na perspectiva dos estudos culturais das ciências. Londrina: EDUEL, 2009.

OLIVEIRA, K. E. J.; PORTO, M. C. **Educação e Teoria Ator-rede**: fluxos heterogêneos e conexões híbridas. Ilhéus: Editus, 2016.

OMENA, J. J.; AMARAL, I. Sistema de leitura de redes digitais multiplataforma. In: OMENA, J. J. **Métodos digitais**: teoria-prática-crítica. Lisboa: Instituto de Comunicação da Nova (ICNOVA), 2019, p. 121–140.

ONU. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Organização das Nações Unidas. Paris, 1948.

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. C. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, p. 126–141, 2019.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Referencial curricular do Paraná: princípios, direitos e orientações**. Curitiba, PR: SEED/PR, 2021.

PEDUZZI, L. **Força e movimento:** de Thales a Galileu. Florianópolis: Publicação interna - Departamento de Física, 2015.

PRADO, A. A volta da cultura do “faça você mesmo”. **Revista Superinteressante.** 19 maio 2017. Cultura. Disponível em: <https://super.abril.com.br/cultura/a-volta-da-cultura-do-faca-voce-mesmo/>. Acesso em: 31 maio. 2022.

PRICINOTTO, G. **A Arregimentação de aliados e a produção de químicos.** 2012. 106f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. **Journal of Documentation**, v. 25, n. 4, p. 348-349, 1969.

REZZADORI, C. B. D. B. **A Rede sociotécnica de um laboratório de química do ensino médio.** 2010. 105f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

REZZADORI, C. B. D. B. **Educação Química pelo olhar latouriano.** 2017. 242f. Tese (Doutorado em Ensino e Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, 2017.

REZZADORI, C. B. D. B.; OLIVEIRA, A. M. Educação química e pensamento latouriano: uma possível articulação. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 224, 2018.

RIBEIRO, M. W. S.; ZORZAL, E. R. **Realidade Virtual e Aumentada:** Aplicações e Tendências. Uberlândia: Editora SBC, 2011.

RIPOLL, D. **Não é ficção científica, é ciência.** 2001. 125f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

RIVELINI-SILVA, C. A.; CAMARGO, C. S.; GREGÓRIO, P. A. H. Os Estudos Culturais e as Representações de Ciência nas Histórias em Quadrinhos do Homem-Formiga e a Vespa. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**, n. Extraordinário, p. 1-7, 2018.

ROCHA, C. D. S.; CAVALCANTE, L. B. A cultura do “faça você mesmo”, a aprendizagem informal e o projeto MiniLAB Cidadão: inter-relações. In: VI SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM MÍDIAS INTERATIVAS. 7, 2019. **Anais** [...]. Buenos Aires, 2019. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/777/o/32_A_cultura_do_faca_voce_mesmo.pdf. Acesso em 11 mar. 2023.

ROGERS, R. **Information Politics on the Web.** Cambridge: MIT Press, 2004.

ROMANELLI, L. I. O papel mediador do professor no processo de ensino-

aprendizagem do conceito átomo. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 27–31, 1996.

SALGADO, T. B. P. **Fundamentos pragmáticos da teoria ator-rede para análise de ações comunicacionais em redes sociais online**. 2018. 292f. Tese (Doutorado em Comunicação social) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SANTOS, B. DE S. **A cruel pedagogia do vírus**. São Paulo: Boitempo, 2020.

SCHNETZLER, R. P.; ANTUNES-SOUZA, T. O desenvolvimento da pesquisa em educação e o seu reconhecimento no Campo científico da química. **Educação Química en Punto de Vista**, v. 2, n. 1, p. 1–19, 2018.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições da pesquisa no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 1, p. 27–31, 1995.

SCHWARCZ, L. **Quando acaba o século XX**. São Paulo: Companhia das letras, 2020.

SEGATA, J. A Inventividade da rede. **Rastros**, p. 139–149, 2013.

SIBILIA, P. **Redes ou paredes**: a escola em tempos de dispersão. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

SIBILIA, P. **O homem pós-orgânico**: A alquimia dos corpos e das almas à luz das tecnologias digitais. Rio de Janeiro: Contraponto, 2015.

SILVA, T. T. **O currículo como fetiche**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

SILVA, T. T. **Documentos de identidade**: uma introdução às teorias do currículo. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.

SOARES, M. H. F. B.; MESQUITA, N. A. S.; REZENDE, D. B. O ensino de química e os 40 anos da SBQ: O desafio do crescimento e os novos horizontes. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 656–662, 2017.

SPINAK, E. **Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informetría**. Caracas: UNESCO - CII/II, 1996.

SPINAK, E. Indicadores cienciometricos. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p.141-148, maio/ago, 1998.

STEINBERG, S. Kindercultura: a construção da infância pelas grandes corporações. In: SILVA, L. H.; AZEVEDO, J. C.; SANTOS, E. S. **Identidade social e a construção do conhecimento**. Porto Alegre: SMED, 1997, p. 98–145.

STENVERS, I. **A invenção das ciências modernas**. São Paulo: Editora 34, 2002.

STENGERS, I. Uma ciência triste é aquela em que não se dança: conversações com Isabelle Stengers. [Entrevista concedida a] Jamille Pinheiro Dias, Maria Borba, Marina Vanzolini, Renato Sztutman e Salvador Schavelzon. **Revista de Antropologia**, v. 59, n. 2, p. 155-186, 2016.

TAVARES, M. T. G.; LISBOA, A. K. A pedagogia do vírus: o que é possível aprender com a Covid-19?. **Olhar de Professor**, v. 24, p. 1-8, 2021.

TORI, R. **Educação sem distância**: as tecnologias interativa na redução de distâncias em ensino e aprendizagem. São Paulo: Editora SENAC, 2010.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: Editora SBC, 2006.

UNESCO. **Diretrizes de políticas para a aprendizagem móvel**. Paris, 2013.

VEIGA-NETO, A. Ciência e pós-modernidade. **Episteme**, v. 3, n. 5, p. 143-155, 1998.

VEIGA-NETO, A. Espaços, tempos e disciplinas: as crianças ainda devem ir à escola? In: CANDAU, V. M. **Linguagens, espaços e tempos no ensinar e aprender**. Rio de Janeiro: DP&A, 2000. p. 9-19.

VEIGA-NETO, A. Cultura, culturas e educação. **Revista Brasileira de Educação**, n. 23, p. 5-15, 2003a.

VEIGA-NETO, A. Usando Gattaca: ordens e lugares. In: TEIXEIRA, I. A. C.; LOPES, J. S. M. **A escola vai ao cinema**. Belo Horizonte: Autêntica, 2003b. p. 73-90.

VEIGA-NETO, A. Olhares. In: COSTA, M. V. **Caminhos Investigativos I: novos olhares na pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: Lamparina Editora, 2007. p. 23-38.

VENTURINI, T.; BOUNEGRU, L.; GRAY, J.; ROGERS, R. A reality check(list) for digital methods. **New Media and Society**, v. 20, n. 11, p. 4195-4217, 2018.

VENTURINI, T.; JACOMY, M.; JENSEN, P. What do we see when we look at networks: Visual network analysis, relational ambiguity, and force-directed layouts. **Big Data and Society**, v. 8, n. 1, 2021.

VENTURINI, T.; JACOMY, M.; PEREIRA, D. Visual network analysis: the example of the rio+20 online debate. **Victoria**, v. 18, n. February, p. 22-44, 2015a.

VENTURINI, T.; JACOMY, M.; PEREIRA, D. Visual Network Analysis. **MéliaLab Workin Papers**, p. 1-20, 2015b. Disponível em:
http://www.tommasoventurini.it/wp/wp-content/uploads/2014/08/Venturini-Jacomy_Visual-Network-Analysis_WorkingPaper.pdf. Acesso em: 18 maio. 2022.

VENTURINI, T.; LATOUR, B. The Social Fabric: Digital Traces and Quali-quantitative Methods. **Proceedings of Future En Seine 2009**, p. 87–101, 2010.

VENTURINI, T.; MUNK, A.; JACOMY, M. Ator-rede versus Análise de Redes versus Redes Digitais: falamos das mesmas redes? **Galáxia (São Paulo)**, n. 38, p. 5–27, 2018.

WARWICK, G. The Story of the Man Who Whitened His Face: Bernini, Galileo, and the Science of Relief. **Seventeenth Century**, v. 29, n. 1, p. 1–29, 2014.

WATSON, J. **The Double Helix**. New York: Mentor Books, 1968.

WORTMANN, M. L. C. O uso do termo representação na Educação em Ciências e nos Estudos Culturais. **Pro-posições**, v. 12, n. 1, p. 151–161, 2001.

WORTMANN, M. L. C. A visão dos estudos culturais da ciência. **ComCiência**, p. 3–5, 2008.

WORTMANN, M. L. C.; RIPOLL, D.; POSSAMAI, L. Educação ambiental corporativa para crianças: analisando a animação Peixonauta do Discovery Kids. **PERSPECTIVA**, v. 30, n. 2, p. 371–394, 2012.

YANG, R. The study and improvement of Augmented reality based on feature matching. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND SERVICE SCIENCE. 2, 2011. **Anais** [...]. Beijing: IEEE, 2011.

ZHANG, N. LIU, O.; ZHENG, X.; LUO, L.; CHENG, Y. Analysis of Social Interaction and Behavior Patterns in the Process of Online to Offline Lesson Study: A Case Study of Chemistry Teaching Design based on Augmented Reality. **Asia Pacific Journal of Education**, v. 42, n. 4, p. 1–22, 2021.

ZHAO, D.; STROTMANN, A. Evolution of Research Activities and Intellectual Influences in Information Science 1996–2005: Introducing Author Bibliographic-Coupling Analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 59, n. 13, p. 2070–2086, 2008.

ZHOU, P.; YANG X-L.; WANG, X-G.; HU, B.; ZHANG, L.; ZHANG, W.; SI, H-R.; ZHU, Y.; LI, B.; HUANG, C-L.; CHEN, H-D.; CHEN, J.; LUO, Y.; GUO, H. JIANG, R-D.; LIU, M-Q.; CHEN, Y.; SHEN, X-R.; WANG, X.; ZHENG, X-S.; ZHAO, K.; CHEN, Q-J.; DENG, F.; LIU, L-L.; SHI, Z-L. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. **Nature**, v. 579, n. 7798, p. 270–273, 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Referências bibliográficas dos artigos analisados na pesquisa.

Artigo	Referência Bibliográfica
ART01	NECHYPURENKO, P. P.; STOLIARENKO, V. G.; STAROVA, T. V.; SELIVANOVA, T. V.; MARKOVA, O. M.; MODLO, Y. O.; SHMELTSER, E. O. Development and implementation of educational resources in chemistry with elements of augmented reality. In: II International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu). Anais...Kryvyi Rih: CEUR-WS.org , 2019, p. 156-167.
ART02	TSCHIERSCH, A.; KRUG, M.; HUWER, J.; & BANERJI, A. Augmented Reality in chemistry education—an overview. CHEMKON , v. 28, n. 6, p. 241-244, 2021.
ART03	YANG, S.; MEI, B.; YUE, X. Mobile Augmented Reality Assisted Chemical Education: Insights from Elements 4D. Journal of Chemical Education , v. 95, n. 6, p. 1060-1062, 2018.
ART04	MAIER, Patrick; KLINGER, Gudrun. Augmented chemical reactions: 3D interaction methods for chemistry. International Journal of Online Engineering , v. 9, n. S8, p. 80-82, 2013.
ART05	ZHANG, N.; LIU, Q.; ZHENG, X.; LUO, L.; CHENG, Y. Analysis of Social Interaction and Behavior Patterns in the Process of Online to Offline Lesson Study: A Case Study of Chemistry Teaching Design based on Augmented Reality. Asia Pacific Journal of Education , p. 1-22, 2021.
ART06	ALFARO, J. L. D.; GANTOIS, S.; BLATTGERSTE, J.; CROON, R., VERBERT, K.; PFEIFFER, T.; VAN PUYVELDE, P. Mobile Augmented Reality Laboratory for Learning Acid-Base Titration. Journal of Chemical Education , v. 99, n. 2, p. 531-537, 2022.
ART07	MONTALBO, S. M. eS2MART Teaching and learning material in chemistry: Enhancing spatial skills thru augmented reality technology. The Palawan Scientist , v. 13, n. 1, p. 14-30, 2021.
ART08	SCHMID, J. R.; ERNST, M. J.; THIELE, G. Structural chemistry 2.0: Combining augmented reality and 3D online models. Journal of Chemical Education , n 97, p. 4515-4519, 2020.
ART09	ERIKSEN, K.; NIELSEN, B. E.; PITTELKOW, M. Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 5, p. 1487-1490, 2020.
ART10	TEE, N. Y. K.; an, H. S., Li, J., CHEONG, B. H. P.; TAN, H. Y.; LIEW, O. W.; NG, T. W. Developing and demonstrating an augmented reality colorimetric titration tool. Journal of Chemical Education , v. 95, n. 3, p. 393-399, 2018.
ART11	NAESE, J. A.; MCATEER, D.; HUGHES, K. D.; KELBON, C.; MUGWERU, A.; GRINIAS; J. P. Use of Augmented Reality in the Instruction of Analytical Instrumentation Design. Journal of Chemical Education , v. 96, n. 3, p. 593-596, 2019.
ART12	KODIYAH, J.; IRWANSYAH, F. S.; WINDAYANI, N. Application of augmented reality (AR) media on conformation of alkanes and cycloalkanes concepts to improve student's spatial ability. Journal of Physics: Conference Series , p. 1-5, 2020.
ART13	AW, J. K.; BOELLAARD, K. C.; TAN, T. K.; YAP, J.; LOH, Y. P.; COLASSON, B.; FUNG, F. M. Interacting with Three-Dimensional Molecular Structures Using an Augmented Reality Mobile App. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 10, p. 3877-3881, 2020.

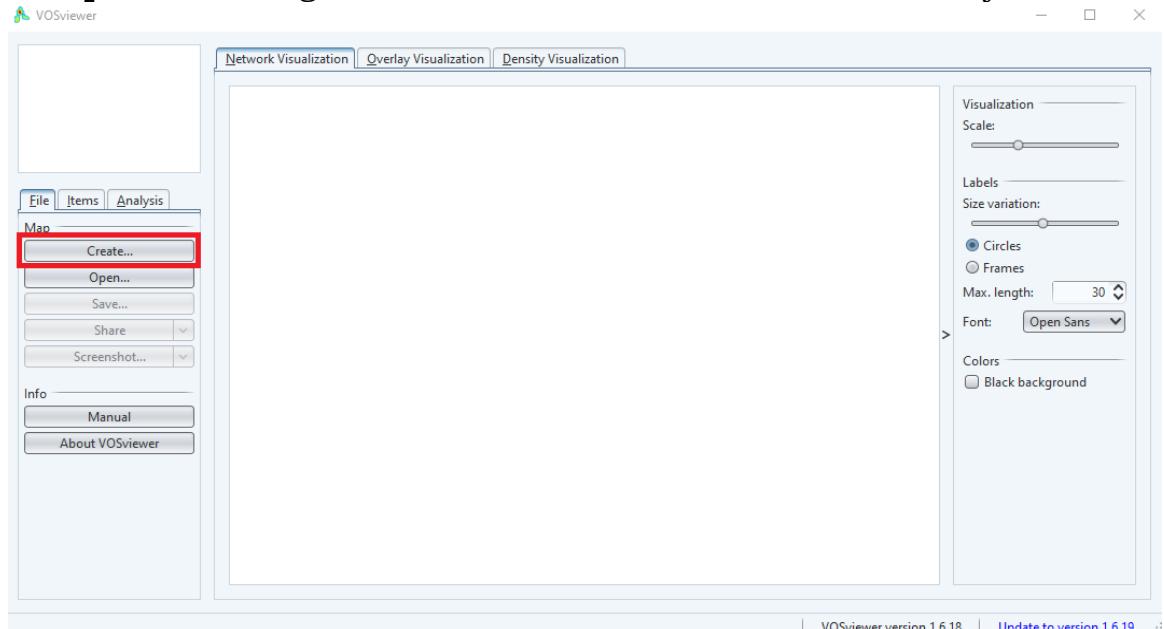
ART14	AN, J.; POLY, L. P.; HOLME, T. A. Usability Testing and the Development of an Augmented Reality Application for Laboratory Learning. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 1, p. 97–105, 2020.
ART15	SUNG, R. J.; WILSON, A. T.; LO, S. M.; CROWL, L. M.; NARDI, J.; ST. CLAIR, K.; LIU, J. M. BiochemAR: An Augmented Reality Educational Tool for Teaching Macromolecular Structure and Function. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 1, p. 147–153, 2020.
ART16	SANII, B. Creating Augmented Reality USDZ Files to Visualize 3D Objects on Student Phones in the Classroom. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 1, p. 253–257, 2020
ART17	ABDINEJAD, M.; FERRAG, C.; QORBANI, H. S.; DALILI, S. Developing a Simple and Cost-Effective Markerless Augmented Reality Tool for Chemistry Education. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 5, p. 1783–1788, 2021.
ART18	PLUNKETT, K. N. A Simple and Practical Method for Incorporating Augmented Reality into the Classroom and Laboratory. Journal of Chemical Education , v. 96, n. 11, p. 2628–2631, 2019.
ART19	ZHU, B.; FENG, M.; LOWE, H.; KESSELMAN, J.; HARRISON, L.; DEMPSKI, R. E. Increasing enthusiasm and enhancing learning for biochemistry-laboratory safety with an augmented-reality program. Journal of Chemical Education , v. 95, n. 10, p. 1747–1754, 2018
ART20	ARGUËLLO, J. M.; DEMPSKI, R. E. Fast, Simple, Student Generated Augmented Reality Approach for Protein Visualization in the Classroom and Home Study. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 8, p. 2327–2331, 2020.
ART21	ARISTOV, M. M.; MOORE, J. W.; BERRY, J. F. Library of 3D Visual Teaching Tools for the Chemistry Classroom Accessible via Sketchfab and Viewable in Augmented Reality. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 9, p. 3032–3037, 2021.
ART22	OVENS, M.; ELLYARD, M.; HAWKINS, J.; SPAGNOLI, D. Developing an Augmented Reality Application in an Undergraduate DNA Precipitation Experiment to Link Macroscopic and Submicroscopic Levels of Chemistry. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 10, p. 3882–3886, 2020.
ART23	ESTUDANTE, A.; DIETRICH, N. Using Augmented Reality to Stimulate Students and Diffuse Escape Game Activities to Larger Audiences. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 5, p. 1368–1374, 2020.
ART24	FERNANDES, H. S.; CERQUEIRA, N. M. F. S. A.; SOUSA, S. F. Developing and Using BioSIMAR, an Augmented Reality Program to Visualize and Learn about Chemical Structures in a Virtual Environment on Any Internet-Connected Device. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 5, p. 1789–1794, 2021.
ART25	WONG, C. H. S.; TSANG, K. C. K.; CHIU, W. K. Using Augmented Reality as a Powerful and Innovative Technology to Increase Enthusiasm and Enhance Student Learning in Higher Education Chemistry Courses. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 11, p. 3476–3485, 2021.
ART26	MÜSSIG, J.; CLARK, A.; HOERMANN, S.; LOPORCARO, G.; LOPORCARO, C.; HUBER, T. Imparting materials science knowledge in the field of the crystal structure of metals in times of online teaching: A novel online laboratory teaching concept with an augmented reality application. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 9, p. 2643–2650, 2020.
ART27	AN, J.; HOLME, T. A. Evaluation of Augmented Reality Application Usage

	and Measuring Students' Attitudes toward Instrumentation. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 4, p. 1458–1464, 2021.
ART28	RODRÍGUEZ, F. C.; FRATTINI, G.; KRAPP, L. F.; MARTINEZ-HUNG, H.; MORENO, D. M.; ROLDÁN, M.; ABRIATA, L. A. MolecuLARweb: A Web Site for Chemistry and Structural Biology Education through Interactive Augmented Reality out of the Box in Commodity Devices. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 7, p. 2243–2255, 2021.
ART29	WILLIAMS, L. C.; GREGORIO, N. E.; SO, B.; KAO, W. Y.; KISTE, A. L.; PATEL, P. A.; OZA, J. P. The Genetic Code Kit: An Open-Source Cell-Free Platform for Biochemical and Biotechnology Education. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology , v. 8, n. August, p. 1–13, 2020.
ART30	ECHEVERRÍ-JIMENEZ, E.; OLIVER-HOYO, M. Gaussian-2-Blender: An Open-Source Program for Conversion of Computational Chemistry Structure Files to 3D Rendering and Printing File Formats. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 10, p. 3348–3355, 2021.
ART31	BERNHOLT, S.; BROMAN, K.; SIEBERT, S.; PARCHMANN, I. Digitising teaching and learning—Additional perspectives for chemistry education. Israel Journal of Chemistry , v. 59, n. 6-7, p. 554–564, 2019.
ART32	FOMBONA-PASCUAL, A.; FOMBONA, J.; VÁZQUEZ-CANO, E. VR in chemistry, a review of scientific research on advanced atomic/molecular visualization. Chemistry Education Research and Practice , 2022.
ART33	ROSE, J.; PENNINGTON, R.; BEHMKE, D.; KERVEN, D.; LUTZ, R.; PAREDES, J. E. B. Maximizing Student Engagement Outside the Classroom with Organic Synthesis Videos. Journal of Chemical Education , v. 96, n. 11, p. 2632–2637, 2019.
ART34	CHATTERJEE, S.; MOON, S.; ROWLANDS, A.; CHIN, F.; SEEBERGER, P. H.; MERBOUH, N.; GILMORE, K. Click, Zoom, Explore: Interactive 3D (i-3D) Figures in Standard Teaching Materials (PDFs). Journal of Chemical Education , v. 98, n. 11, p. 3470–3475, 2021.
ART35	WRIGHT, L.; OLIVER-HOYO, M. Development and Evaluation of the H NMR MolecuLAR Application. Journal of Chemical Education , v. 98, n. 2, p. 478–488, 2021.
ART36	FRANCO-MARISCAL, A. J. Discovering the Chemical Elements in Food. Journal of Chemical Education , v. 95, n. 3, p. 403–409, 2018.
ART37	CAMEL, V.; MAILLARD, M. N.; PIARD, J.; DUMAS, C.; CLADIÈRE, M.; FITOUSSI, G.; SICARD-ROSELLI, C. CHIMACTIV: An Open-Access Website for Student-Centered Learning in Analytical Chemistry. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 8, p. 2319–2326, 2020.
ART38	BARRETT, R.; GANDHI, H. A.; NAGANATHAN, A.; DANIELS, D.; ZHANG, Y.; ONWUNAKA, C.; WHITE, A. D. Social and Tactile Mixed Reality Increases Student Engagement in Undergraduate Lab Activities. Journal of Chemical Education , v. 95, n. 10, p. 1755–1762, 2018.
ART39	BIBIC, L.; DRUSKIS, J.; WALPOLE, S.; ANGULO, J.; STOKES, L. Bug off Pain: An Educational Virtual Reality Game on Spider Venoms and Chronic Pain for Public Engagement. Journal of Chemical Education , v. 96, n. 7, p. 1486–1490, 2019.
ART40	DIETRICH, N.; KENTHESWARAN, K.; AHMADI, A.; TEYCHENÉ, J.; BESSIÈRE, Y.; ALFENORE, S.; HÉBRARD, G. Attempts, successes, and failures of distance learning in the time of covid-19. Journal of Chemical Education , v. 97, n. 9, p. 2448–2457, 2020.

APÊNDICE B

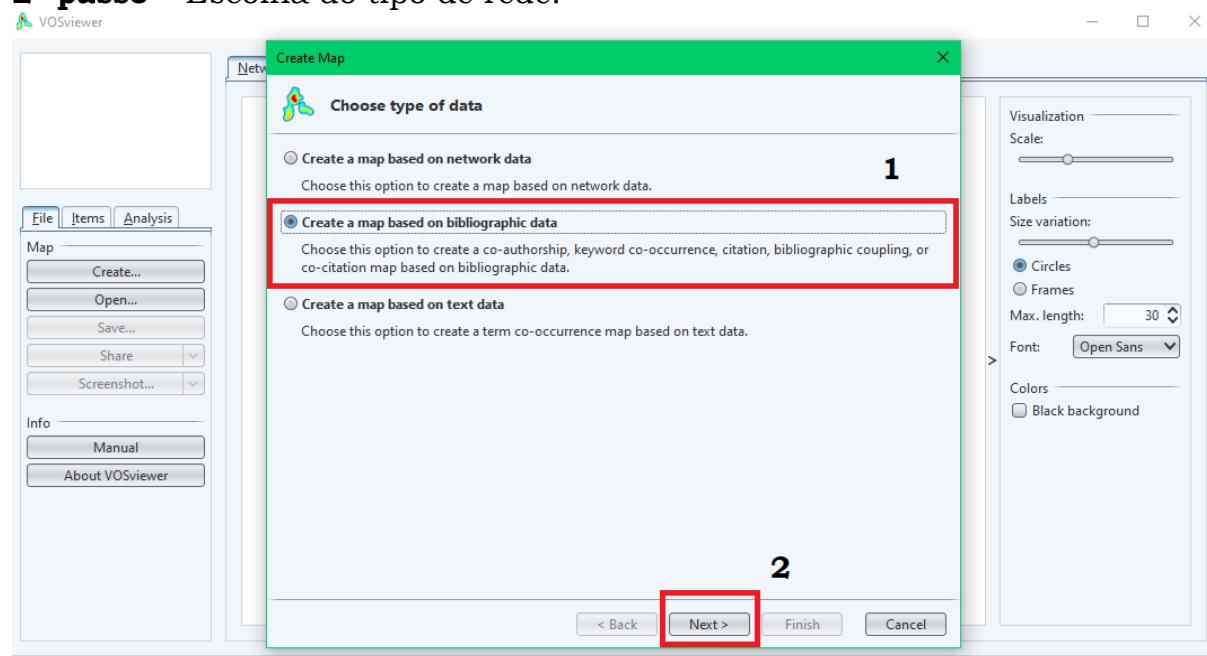
Passos da produção da rede digital de coocorrência de palavras-chaves da minha pesquisa.

1º passo – Carregando a rede com dados extraídos na *Web of Science*.



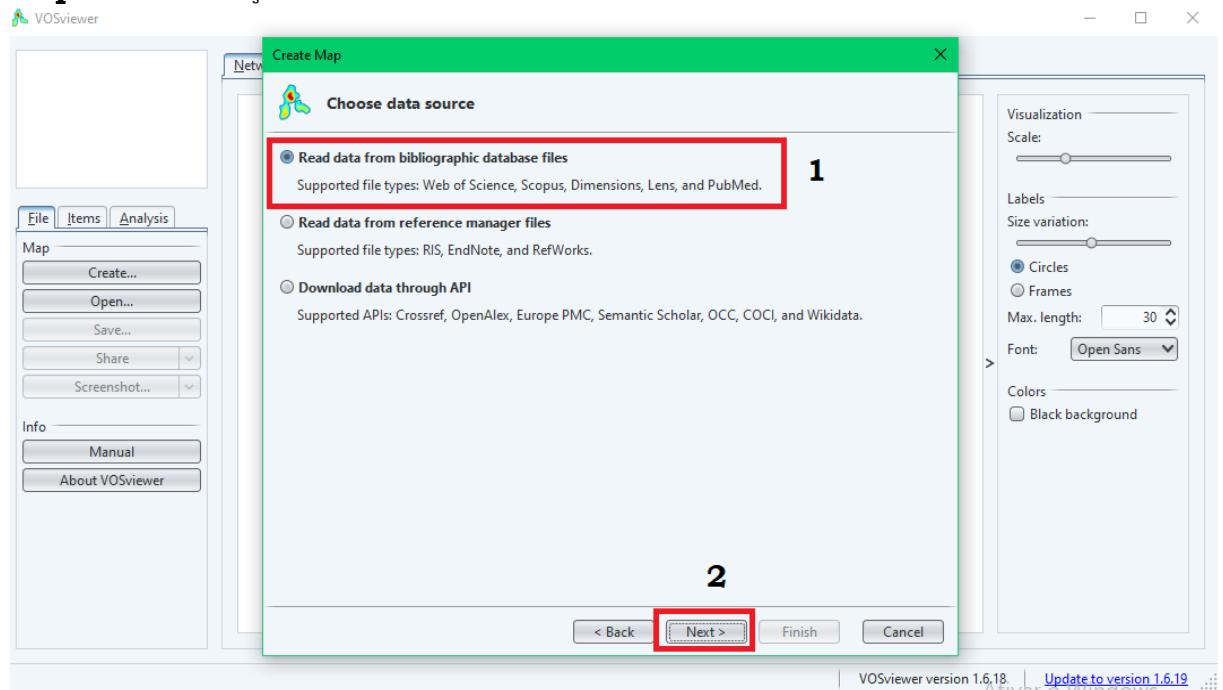
Fonte: *VOSviewer*; próprio autor (2023).

2º passo – Escolha do tipo de rede.



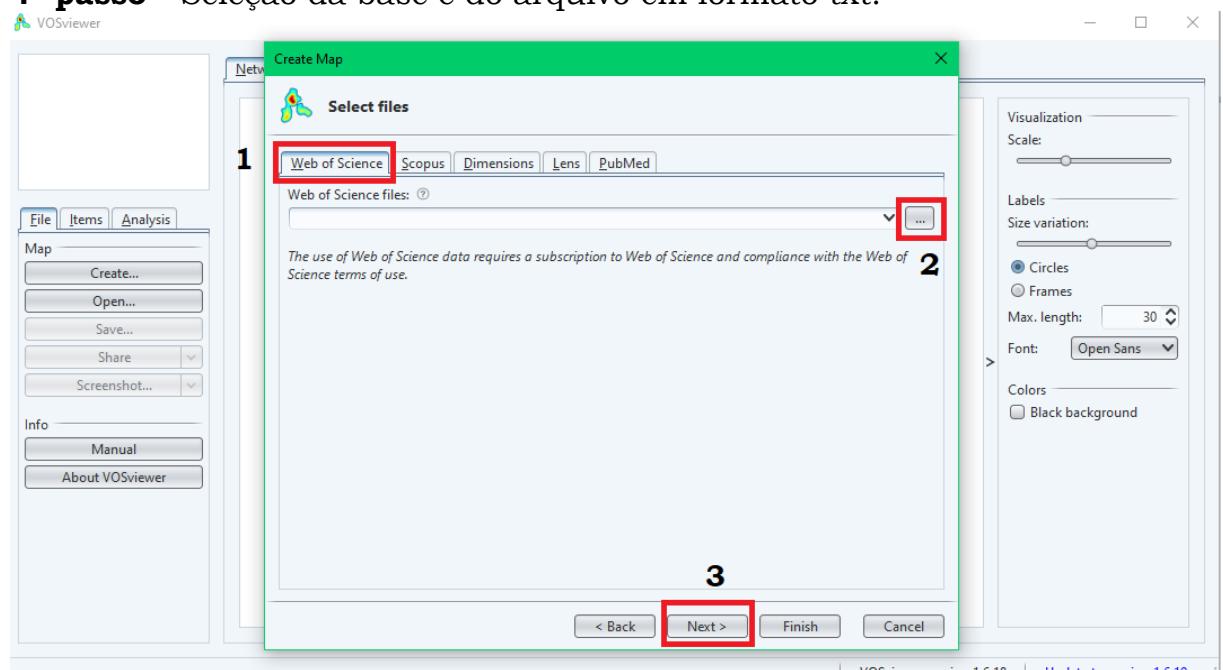
Fonte: *VOSviewer*; próprio autor (2023).

3º passo – Seleção da fonte de dados.



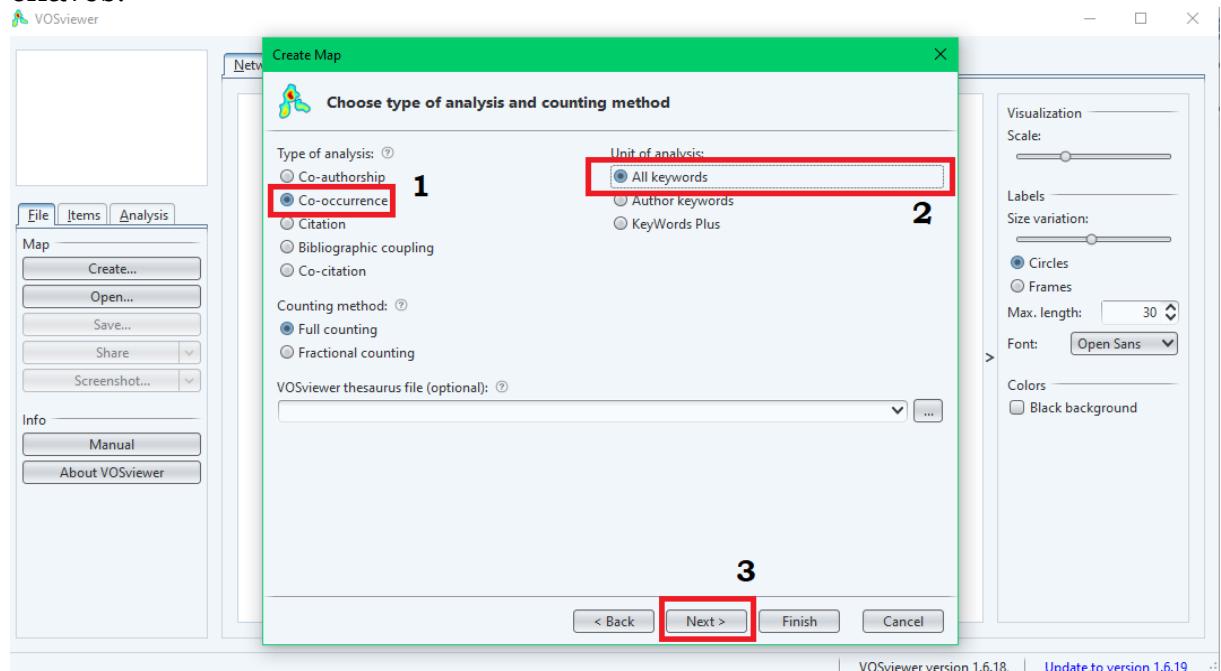
Fonte: VOSviewer; próprio autor (2023).

4º passo - Seleção da base e do arquivo em formato txt.



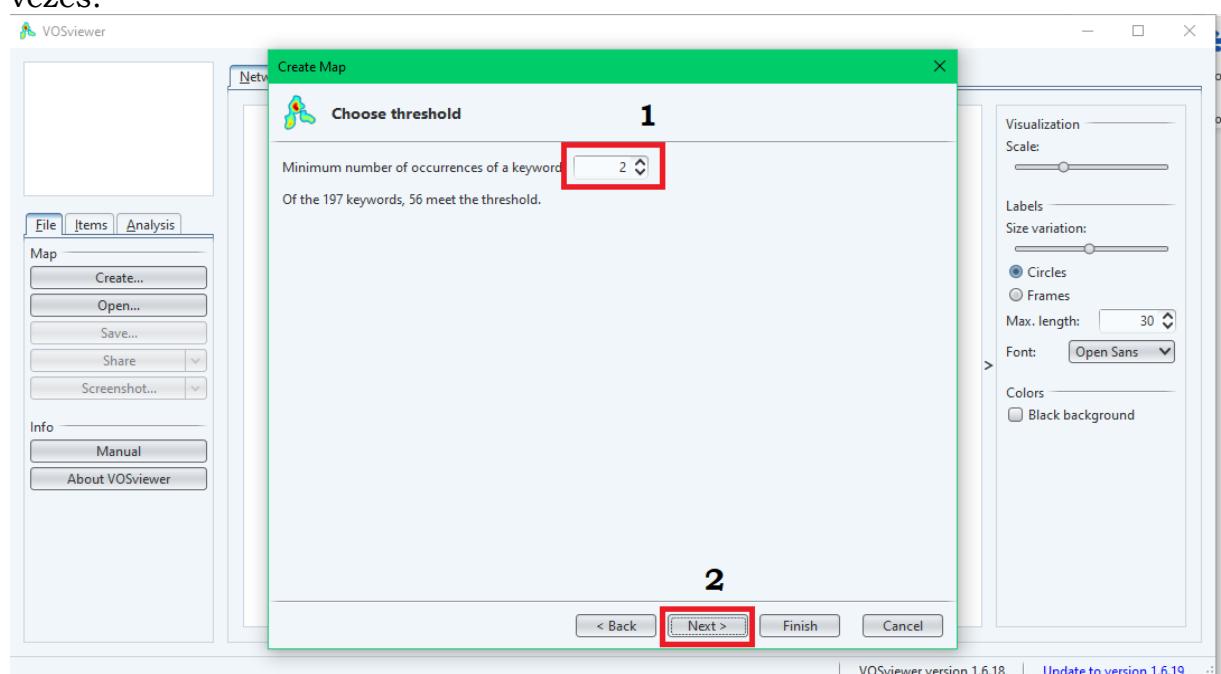
Fonte: VOSviewer; próprio autor (2023).

5º passo – Escolha do tipo de análise, no caso, coocorrência de palavras chaves.



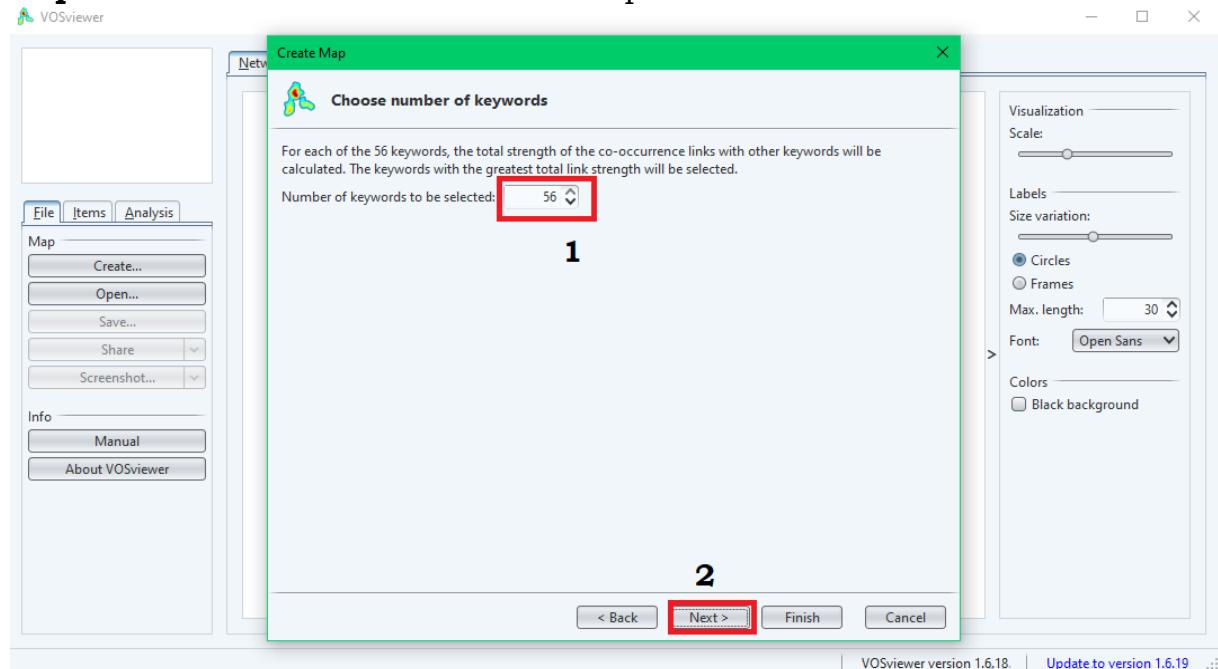
Fonte: VOSviewer; próprio autor (2023).

6º passo – Escolha do número mínimo de ocorrências, no meu caso, 2 vezes.



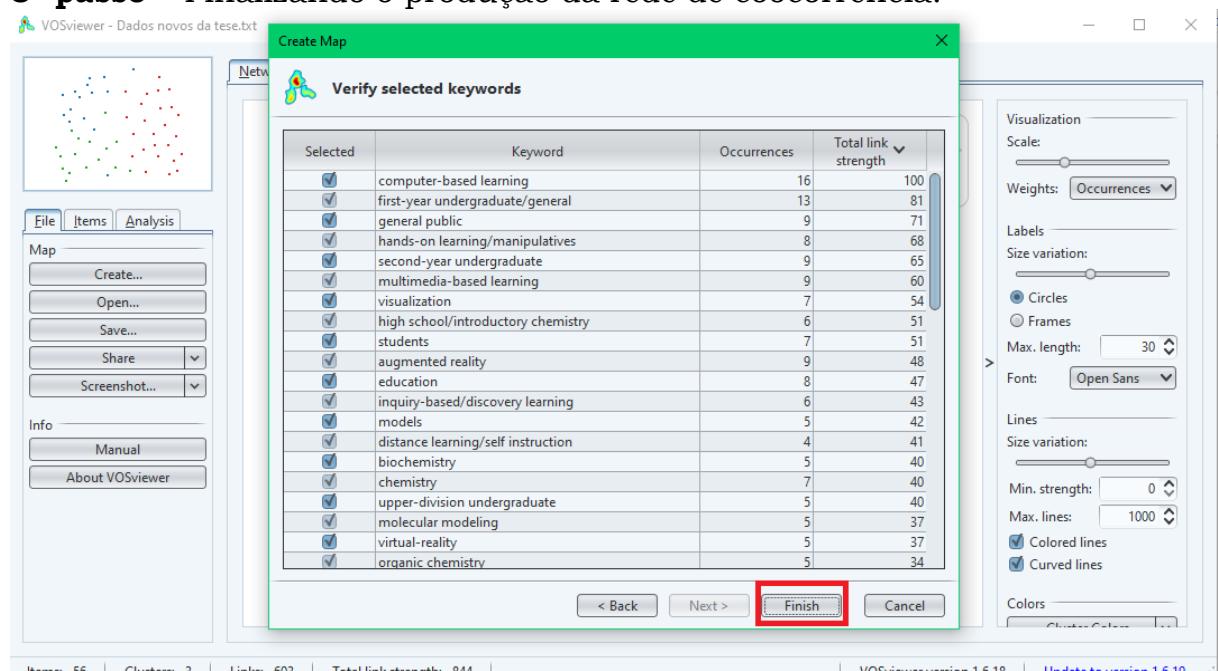
Fonte: Plataforma WoS; VOSviewer; próprio autor (2023).

7º passo – Escolha do número total de palavras-chaves.

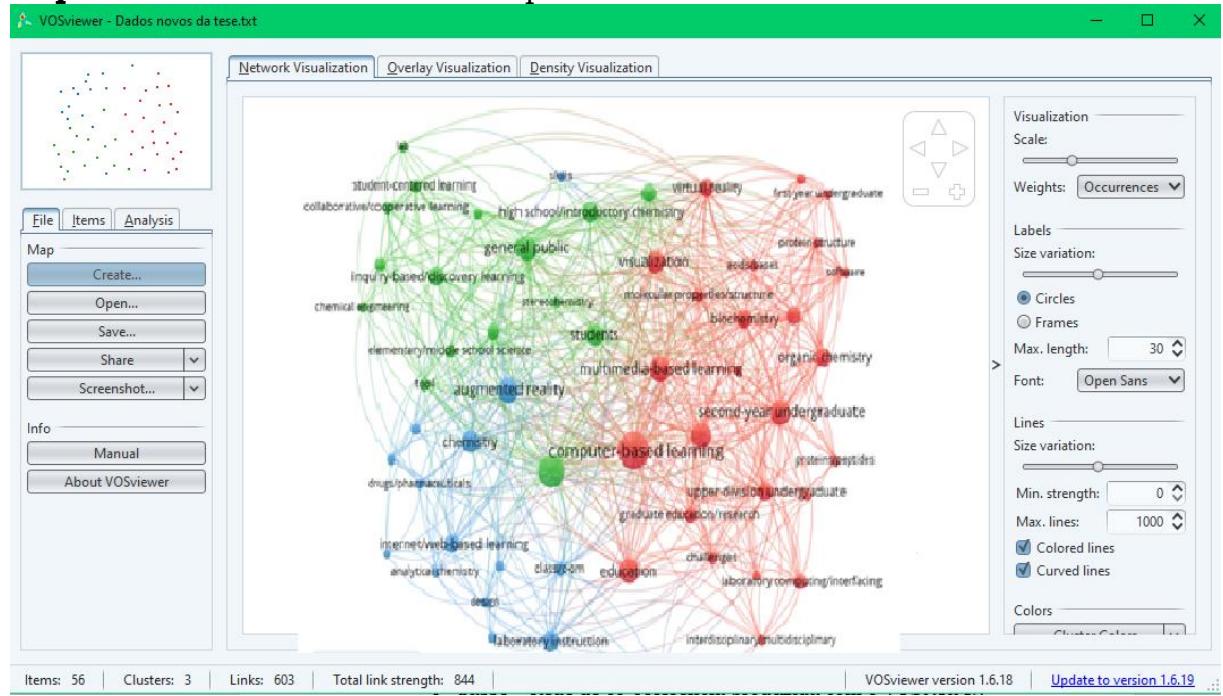


Fonte: Plataforma WoS; VOSviewer, próprio autor (2023).

8º passo – Finalizando o produção da rede de coocorrência.



Fonte: Plataforma WoS; VOSviewer, próprio autor (2023).

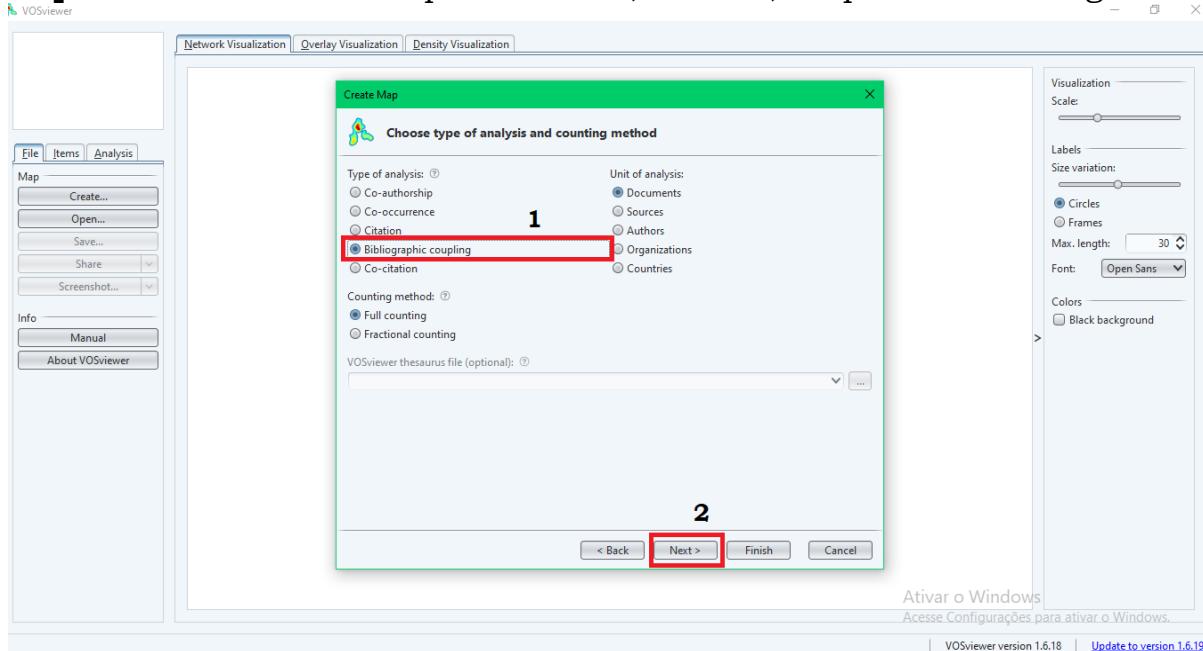
9º passo – Rede de cocorrência produzida com o *VOSviewer*.

Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2023).

APÊNDICE C

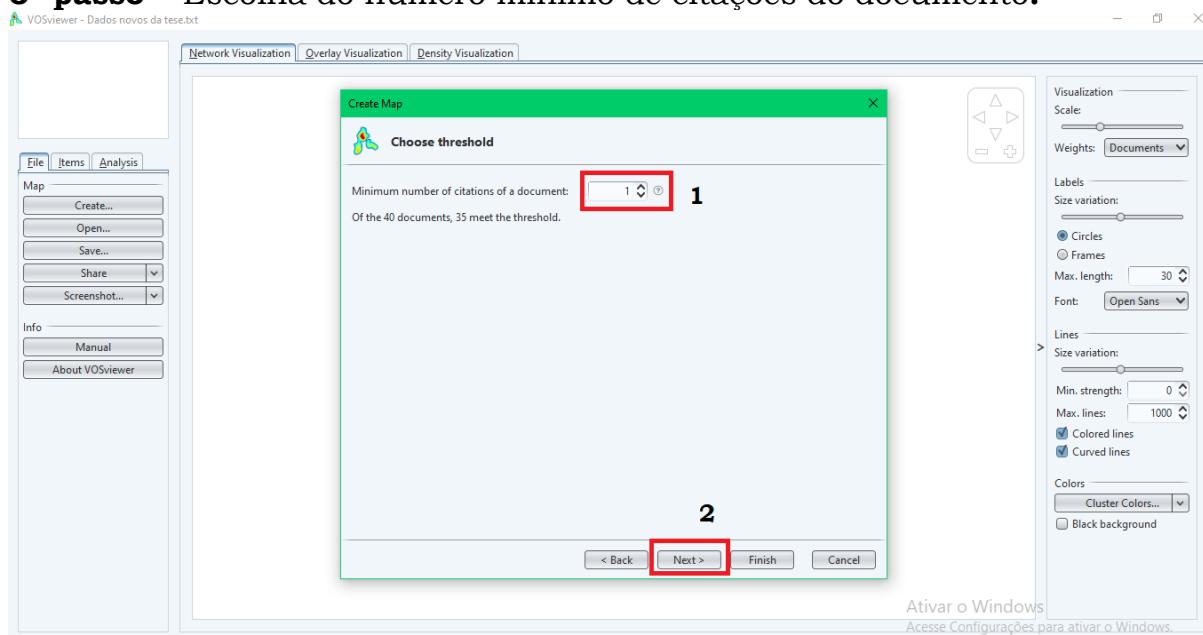
Passos da produção da rede digital do acoplamento bibliográfico da minha pesquisa

5º passo¹²⁷ - Escolha do tipo de análise, no caso, acoplamento bibliográfico.



Fonte: VOSviewer; próprio autor (2023).

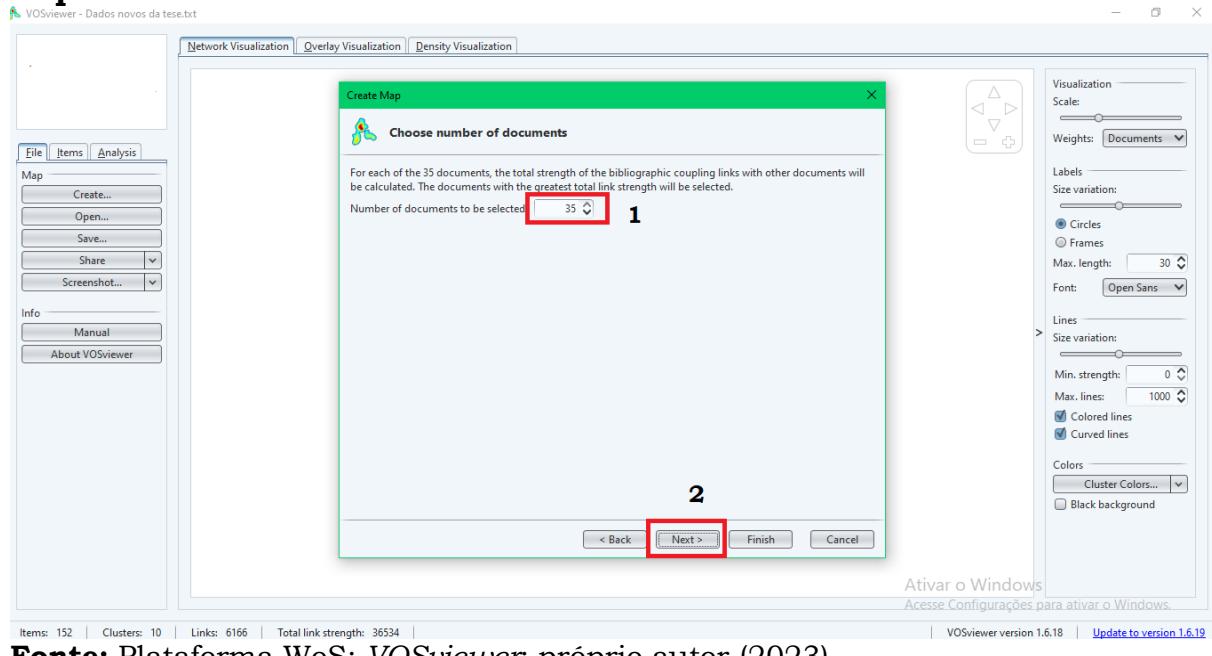
6º passo – Escolha do número mínimo de citações do documento.



Fonte: Plataforma WoS; VOSviewer; próprio autor (2023).

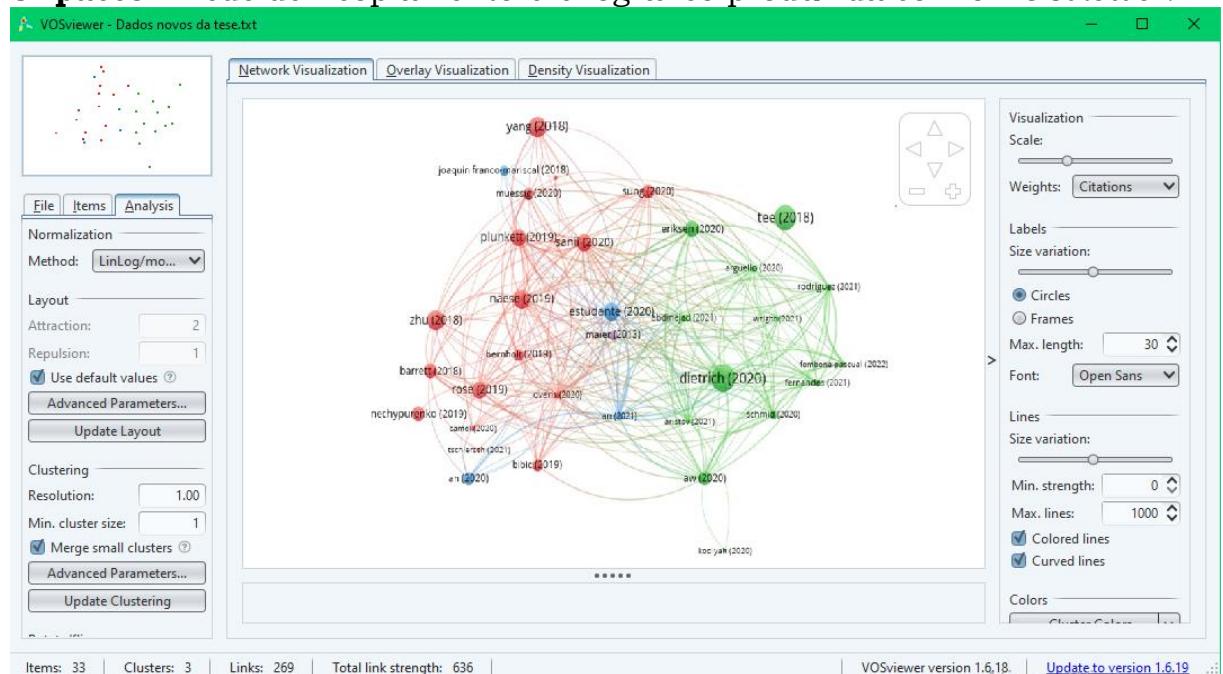
¹²⁷ Começo pelo 5º passo, pois os anteriores são iguais ao do Apêndice B.

7º passo – Escolha o número de documentos da rede.



Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2023).

8º passo - Rede de Acoplamento bibliográfico produzida com o *VOSviewer*.



Fonte: Plataforma WoS; *VOSviewer*; próprio autor (2023).