

Capítulo

3

Estrutura do método científico: por uma epistemologia da Informática na Educação

Alex Sandro Gomes (UFPE)

Claudia Roberta Araújo Gomes (UFRPE)

asg@cin.ufpe.br, cra@ded.ufrpe.br

Objetivo do Capítulo

Este capítulo tem o objetivo versar sobre a natureza do método científico, o rigor na pesquisa científica, suas utilidade e relevância e ética na pesquisa. Para ilustrar a apresentação desse método e de seus construtos, adotamos o paradigma quantitativo, experimental e positivista. No entanto, ao longo do capítulo apontamos pontualmente alguns outros paradigmas. Ao final da leitura deste capítulo, você deverá ser capaz de:

- Entender a estrutura do raciocínio científico enquanto evolução e herança cultura em forma de um raciocínio humano ou estratégia cognitiva para resolução de problemas complexos.
- Compreender como este raciocínio é organizado em seu estado maduro por pesquisadores experientes.
- Identificar as principais características do método científico enquanto raciocínio estruturado, sistematizado e transmissível para futuras gerações.
- Realizar os processos estruturados de formulação de perguntas, delimitações de problemas, proposição de hipóteses e testes de hipóteses a partir de experimentações.
- Entender como a estrutura do método científico integra-se à prática de atividades de inovação e design de novas tecnologias.
- Discutir em particular as limitações do método científico positivista dentro da prática da pesquisa em Informática na Educação e como essa limitação pode ser suplantada pela combinação de outros tipos de raciocínio de resolução de problemas.



Era uma vez... *Genésio. Ele era aluno de doutorado e iniciou sua formação na área de Informática na Educação. Não era a sua primeira tentativa. Ele havia iniciado um doutorado anos antes na área de Computação. Para ele essa transição parecia tranquila até que se deparou com um conjunto de leituras sobre teorias sócio históricas do desenvolvimento, referências muito comuns na área de IE. Ao tentar encaixar essa literatura com seu trabalho ele percebeu que em muitas etapas ele precisaria articular os conceitos de uma forma diferente como havia praticado em sua primeira tentativa de doutorado. Ele percebeu que havia uma forma peculiar de formular perguntas e hipóteses, pois agora ele estava lidando com fenômenos que envolviam cultura, história, pessoas e como todos eles evoluem. Ele se dedicou a ler livros sobre metodologia e discutia com frequência com seu orientador e colegas. Passados dois anos de formação, Genésio acorda assustado. Subitamente ele tinha tomado consciência de uma forma raciocinar que engendrava a totalidade das noções que tentava entender começavam a fazer sentido, mas um sentido sistêmico, integrado, uno. Correu ao encontro de seu orientador e não se continha de alegria ao perceber que havia apreendido um dos mais importantes elementos culturais da humanidade: o método científico.*

1 A natureza do pensamento científico

Ibn Al-Haytham (nome completo de Alhazen nomeado Abū'Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham). Ele viveu entre os anos de 965-1039 num lugar que hoje denominamos Iraque. Ele era um árabe matemático, astrônomo e físico da Era de Ouro Islâmica. Em seus estudos, ele dava ênfase a dados experimentais e analisava a reprodutibilidade de seus resultados. Ele também foi um dos primeiros defensores do conceito de que uma hipótese deve ser provada por experimentos baseados em procedimentos confirmáveis ou evidências matemáticas - compreendendo o método científico cinco séculos antes dos cientistas do Renascimento. Esse conceito fundador, repassado de geração a geração, permitiu a construção sucessiva de conhecimentos a partir de observações e experimentações sistemática de fenômenos. Por esse motivo Alhazen é considerado por alguns como o pai da metodologia científica moderna. E a nossa conversa sobre a pesquisa científica, de alguma forma, remonta a história de como ao longo dos séculos os povos evoluíram essa maneira de pensar enquanto tentavam construir novos conhecimentos. (SABRA; OTHERS, 1989).

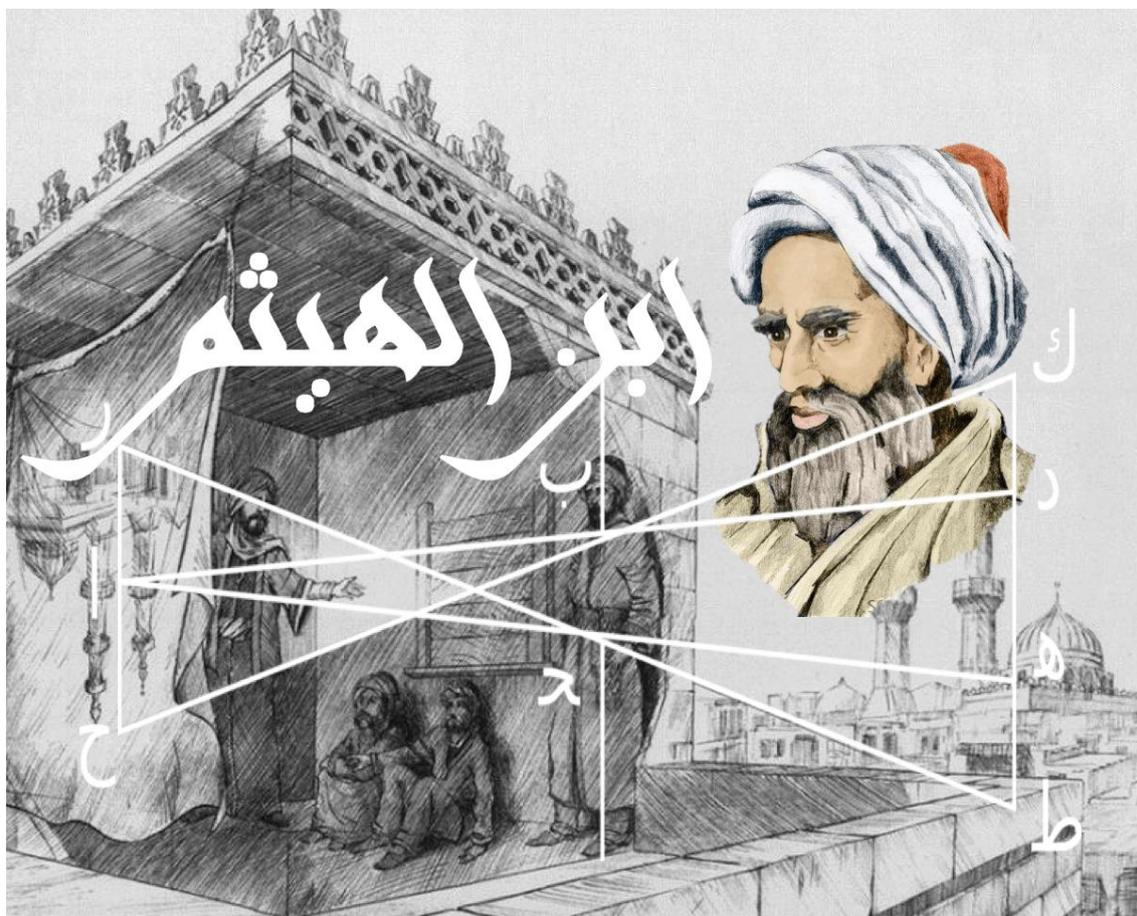


Figura 1: Alhazen. Por alguns considerado como o pai da metodologia científica moderna

O pensamento científico é um fenômeno criado pela espécie humana e, como tal, é sujeito a todas as forças que impelem o desenvolvimento humano. Ao longo desse processo histórico, ele adquiriu as características que reconhecemos hoje: “*understand*

nature by analysing each phenomenon according to a predetermined set of rules.” (IACCARINO, 2003). A sua natureza possui muitas dimensões. Qualquer tentativa de explicação reduzirá a sua natureza às dimensões escolhidas pelo autor para defini-lo. Nesse capítulo escolhemos apresentar essa natureza do pensamento científico a partir de suas dimensões: epistêmica¹, cultural, histórica, cognitiva e emocional.

Considerando a dimensão epistêmica, o elemento mais essencial associado ao pensamento científico é a noção de *conhecimento*. Algum dia você já parou para pensar o que é o conhecimento? De onde ele vem? Como ele é possível? Qual a sua essência? Ou até mesmo ter se perguntado se apenas humanos são capazes de criar e manipular conhecimento? No capítulo anterior vimos que o ser humano se propõe a questionar a origem das coisas do mundo por volta do século V a.C. De lá para cá, muitas tentativas foram empreendidas para entender as fronteiras do entendimento humano como o seu próprio conhecimento.

O conhecimento pode ser entendido como um conjunto de crenças tidas como verdadeiras e justificadas. No século XX, Hessen² teve seu legado reconhecido quando apresentou em sua posição filosófica uma teoria do conhecimento distinta da maior parte das outras devido a três características essenciais: (a) por colocar o método fenomenológico a serviço da teoria do conhecimento; (b) por propor uma abordagem detalhada do problema da *intuição*, pouco valorizado nas outras abordagens que discutem o conhecimento; e (c) por tratar não apenas da teoria geral do conhecimento, mas também da especial. Nesse sentido, a primeira preocupação de Hessen é encontrar a essência da Filosofia, referindo a complexidade que tal trajetória comporta.

Portanto, a Teoria do Conhecimento proposta nessa dimensão epistêmica seria a teoria dos princípios materiais do conhecimento humano que estuda as correlações entre pensamento e objeto, dividindo-se em Teoria do Conhecimento Geral – voltada a investigar a relação do pensamento com o objeto geral; e a Teoria do Conhecimento Especial, cujos objetos de investigação seriam os axiomas,

Nesse sentido, Hessen usa algumas características para discutir a noção de conhecimento: a sua possibilidade, sua origem e sua essência. Para este capítulo, vamos restringir a apresentação para a caracterização de sua origem, ratificando a reflexão do que *É* o conhecimento *E* como, onde, por que ou para que ele se origina.

A reflexão sobre a origem do conhecimento apresenta a questão primordial que discute se a consciência cognoscente se apoia de modo preponderante (ou mesmo exclusivo) na *experiência* ou no *pensamento*. Onde está a origem do conhecimento humano? Dois sentidos são apresentados: um de caráter Lógico, relacionado à qual seria a validade do conhecimento; e outro, de caráter Psicológico, referente a como acontece o conhecimento do sujeito pensante.

¹ Relativo a episteme (conhecimento ou saber como um tipo de experiência); puramente intelectual ou cognitivo.

² Johannes Hessen foi um filósofo e teólogo católico alemão que criou uma Teoria do Conhecimento (HESSEN, 2000). Ele confrontou poderosos preceitos religiosos e ideológicos vigentes na Alemanha entre os anos 1930 e 1950 para conseguir produzir uma importante referência sobre a noção de conhecimento. Seu esforço foi reconhecido pouco antes de sua morte. Por ocasião de seu 80º Aniversário, em 1969, foi nomeado pelo Papa Paulo VI prelado papal honorário, um tipo de conselheiro do Papa.

Desse modo, se a dualidade existente para responder a esta pergunta ancora-se entre a experiência ou o pensamento, nada mais coerente do que o surgimento de correntes com defensores da preponderância de um ou outro desses aspectos.

Racionalismo e Empirismo surgem como visões antagônicas nessa questão da origem do conhecimento. Por um lado, o Racionalismo defende a razão como principal fonte do conhecimento humano, discutindo que esse precisa ter validade universal. O poema “A Ideia”, do poeta Augusto dos Anjos, revela bem tal concepção:

De onde ela vem?! De que matéria bruta
Vem essa luz que sobre as nebulosas
Cai de incógnitas criptas misteriosas
Como as estalactites numa gruta?!
Vem da psicogenética e alta luta
Do feixe de moléculas nervosas,
Que, em desintegrações maravilhosas,
Delibera, e depois, quer e executa!

Vem do encéfalo absconso que a constringe,
Chega em seguida às cordas da laringe,
Tísica, tênue, mínima, raquítica ...

Quebra a força centrípeta que a amarra,
Mas, de repente, e quase morta, esbarra
No mulambo da língua parálitica.

Já o Empirismo atribui apenas a experiência a origem do conhecimento: a única fonte do conhecimento é a experiência, pois a razão não possui conhecimento apriorístico (HESSEN, 2000). Portanto, jamais o conhecimento pode retirar seus conteúdos da razão, mas sim, e apenas, da experiência, já que o espírito humano é vazio, uma tábula rasa, uma folha em branco, cabendo a experiência escrever o texto. O empirismo parte de fatos concretos que, por meio da observação são completamente dependentes da experiência; e, portanto, estão acima dos racionais.

Na tentativa de construir uma mediação entre a oposição clássica entre os racionalistas e os empiristas, surgem duas novas correntes para responder a mesma questão: Onde se origina o conhecimento? Intelectualismo e Apriorismo vão se posicionar na busca da interação entre a razão e a experiência para definir esta origem.

Se por um lado, o Intelectualismo aponta para concordância com o Racionalismo

no que se refere à existência de juízos necessários ao pensamento e com validade universal; por outro lado está de acordo também com o Empirismo, defendendo que a consciência cognoscente lê na experiência e retira seus conceitos desta. Assim, a experiência mais o pensamento constituir-se-iam conjuntamente nos fundamentos do conhecimento humano, mas parece claro que a experiência teria um peso mais determinante.

Para o Apriorismo, que constitui a outra tentativa de mediação, a raiz etimológica da palavra já traduz em muito a sua reflexão: *a priori*, a princípio, o que temos é a razão. Considera, assim, sobretudo, os *aprioris*, independentes da experiência, que seriam então semelhantes aos recipientes vazios que a experiência vai enchendo com conteúdos concretos: estes seriam vistos pelos aprioristas como formas de conhecimento. Embora considere assim, simultaneamente, a experiência e o pensamento como fontes do conhecimento, parece haver uma leve inclinação aos racionalistas, na crença de que há certa preponderância pelos ‘aprioris’ em detrimento do que a experiência inscreve.

A dimensão cultural do pensamento científico nos permite perceber o método científico como uma produção cultural humana que evolui ao longo do último milênio. De uma forma pragmática, percebemos que o método científico é um corpo de técnicas para investigar fenômenos, adquirir novos conhecimentos, ou corrigir e integrar conhecimentos prévios. No entanto, apresentado dessa forma ele pode parecer uma sequência simples de passos que levam incontrolavelmente a um novo conhecimento. No entanto, mais do que o conjunto de técnicas que aparecem nos livros modernos de metodologia, ele é um raciocínio que os seres humanos desenvolveram ao longo de sua história evolutiva e que se mostrou muito eficaz no último milênio para resolver problemas cada vez mais complexos.

Enquanto raciocínio humano, podemos considerar que o pensamento científico é uma herança cultural, um legado que é transmitido de geração à geração. Segundo (IACCARINO, 2003): “*science and culture are not different entities: science is part of culture, and how science is done largely depends on the culture in which it is practised.*” Ao se beneficiar deste raciocínio, as novas gerações tomam consciência de sua essência, aplicam e refletem sobre o alcance e os limites do mesmo e o fazem evoluir mais e mais. Enquanto elemento cultural, encontramos traços desse raciocínio nos elementos materiais e imateriais das culturas nas quais ele ocorre.

Ainda o considerando como parte da cultura de uma civilização, sua propagação ocorre de indivíduo a indivíduo por meio do trabalho. Um humano novato leva em média alguns anos, convivendo com humanos já iniciados nessa tradição cultural, até que se torne proficiente nessa maneira de resolver problemas. As vezes essa iniciação científica pode levar anos até que os indivíduos iniciantes sintam-se proficientes (BRUNO LATOUR, 2000). Observa-se neste interim a importância do papel de pesquisadores mais experientes nesta formação, a iniciação científica, o fator tempo e a vida em comunidades científicas (FUJIMURA; LATOUR, 1989; WOODS-TOWNSEND et al., 2016).

Podemos ainda considerar os aspectos históricos desse legado cultural e entender

sua essência ao compreender sua evolução. Ao longo da história da humanidade, o pensamento científico recebeu diferentes formas de reconhecimento (BLAINEY, 2015). Durante muito tempo ele foi praticado por curiosos que observavam a natureza, mesmo ameaçados pelo preceito das tradições religiosas de que o conhecimento verdadeiro é revelado por seus profetas (HARARI, 2017). Assim permaneceu durante toda a Idade Média, entre os séculos V e XV. A partir da Idade Moderna, o ser humano assume controle sobre sua razão e todos os fenômenos devem ser explicados racionalmente. Ao longo da Idade Moderna, o pensamento científico evoluiu e foi suficiente para criar a cura para muitas doenças e aumentar a longevidade humana (BARTKE, 2017), criar várias tecnologias da informação e nos proporcionar a Internet das coisas (YURY, 2017) e mesmo a exploração comercial do espaço (DIFRANCESCO; OLSON, 2015).

A reputação desse tipo de raciocínio e o reconhecimento de sua relevância para resolver problemas complexos, em particular, sua relação entre ciência, indústria e tecnologia militar cresceu ao longo do século XX, após a revolução industrial (HARARI, 2017).

No final do século XIX, o pensamento científico era tido em muitos países como estratégico para promover o seu conhecimento. A fundação da Universidade de Berlim em 1810 pelo filósofo prussiano Wilhelm von Humboldt tinha como princípio reificar a ciência para colocá-la ao serviço do desenvolvimento dos países (ASH, 2006). Isso causou imenso impacto internacional. As universidades ao redor do planeta foram construídas a partir do modelo humboldtiano construindo em suas alunas e alunos a capacidade de resolver problemas recalcitrantes, levando a grandes avanços científicos com importantes efeitos econômicos. Até os nossos dias, em países desenvolvidos, ainda é forte o mito de que as universidades são promotoras de desenvolvimento econômico dos países por meio da ciência (IACCARINO, 2003). Segundo o mesmo autor, nos países em desenvolvimento “*science education is based on Western concepts and culture, and it is taught by those for whom science is often unrelated to their culture*” (Ibid.). Isso leva os estudantes a negarem a validade e a autoridade do conhecimento transmitida por essas instituições; e cria tensões internas às próprias instituições, que buscam entender sua identidade e relevância perante temas de soberania nacional.

A educação científica no Brasil, objetivo desta série de livros, recebe influências das primeiras correntes europeias. No entanto, em lugar de simplesmente reproduzir o modo de pensar ocidental eurocêntrico, existem correntes que afirmam que deveríamos reconhecer a nossa origem histórica como ex-colônia europeia, e desenvolver no seio da comunidade brasileira de ciência e tecnologia uma identidade regionalista e pós-colonial que afirmasse o papel da ciência nacional e da influência de seus cientistas na linha de desenvolvimento do país (DOURISH; MAINWARING, 2012; IRANI et al., 2010; IRANI; DOURISH, 2009). Essa apropriação do pensamento científico às características culturais e históricas do Brasil ainda é necessária. Um dos indícios dessa necessidade reside no fato de que quase a totalidade da produção científica em nosso país ainda ocorre apenas nas universidades, com limitada colaboração com a indústria nacional (GUIMARÃES; HUMANN, 1995). Segundo dados de relatório recente publicado pela Clarivate, apenas 1% de toda pesquisa brasileira ocorre em colaboração com a indústria nacional (CLARIVATE, 2018).

Do ponto de vista cognitivo, o pensamento científico é uma sofisticada heurística de resolução de problemas complexos por meio do qual variáveis são controladas e manipuladas para se identificar relações causais ou circunstanciais entre as mesmas. Essa capacidade de pensar evolui ao longo do desenvolvimento das pessoas produzindo a capacidade de coordenar conscientemente a relação entre uma teoria e uma evidência (KUHN; PEARSALL, 2000).

Como abordado na dimensão epistêmica, na antítese provocada entre os racionalistas e empiristas para a definição de onde se origina o conhecimento – se na razão ou na experiência – a posição que se diferenciou das anteriores foi a *interacionista*, que procurou explicar tal origem e construção, negando tanto os modelos inatos e racionais, quanto os ambientalistas e empíricos, apontando as interações sociais e aquelas entre o sujeito e o objeto como fatores indispensáveis.

Entre os teóricos que defendem esta posição encontra-se Jean Piaget que enfatiza a interação entre o sujeito e o objeto como fonte de aquisição do conhecimento. Na perspectiva histórica, suas concepções inicialmente foram influenciadas pelas ideias aprioristas de Kant.

Na qualidade de epistemólogo, Piaget estudou “a significação dos conhecimentos, das estruturas operatórias ou de noções, recorrendo de uma parte, à sua história e ao seu funcionamento atual em uma ciência determinada e, de outra, ao seu aspecto lógico e enfim à sua forma psicogenética ou às relações com as estruturas mentais” (Piaget, 1969).

A ideia central da teoria do “Construtivismo Interativo” de Piaget (Vergnaud, 1987) é a de que “o conhecimento não procede nem da experiência única dos objetos, nem de uma programação inata pré-formada no sujeito, mas de construções sucessivas com elaborações constantes de estruturas novas” (Piaget, 1976). Essas construções sucessivas são resultantes das atuações do sujeito sobre o meio e deste sobre o sujeito, levando-o a um esforço de adaptação em função das perturbações desse meio. O sujeito age sobre os objetos, transformando-os, deslocando-os, ligando-os, combinando-os, dissociando-os e reunindo-os.

Para Piaget (1973), aprender é buscar um conhecimento e essa busca de conhecimento pode ocorrer de dois modos:

1. “Através das coordenações gerais da ação sobre o objeto, para que dessa maneira o sujeito abstraia o conhecimento da sua própria ação, o chamado conhecimento lógico-matemático (abstração reflexiva)” (Piaget, 1973). As estruturas responsáveis por esse tipo de conhecimento implicam em relação de inclusão, ordem e correspondência. Essas relações dependem de mecanismos nervosos ou biológicos, porque elas existem na programação genética do desenvolvimento, porém as estruturas cognitivas são construídas através de um processo gradual de equilíbrio entre assimilações e acomodações.
2. “Através da abstração das propriedades dos objetos para que o sujeito desenvolva o denominado conhecimento físico (abstração empírica)” (Piaget, 1973). A aprendizagem física ocorre quando os objetos agem sobre

nós. Esse tipo de aprendizagem envolve a descoberta de qualidades e propriedades das coisas.

Outra abordagem que explica as aquisições mentais, é a de Vygotsky, cujas ideias foram influenciadas pelo materialismo dialético. Segundo ele, as funções mentais superiores são um processo de apropriação da experiência histórica e cultural. (Rego, 1995) É através da relação dialética com o mundo que o sujeito constrói seus conhecimentos.

Diante do exposto, pode-se concluir que concepções epistemológicas subsidiam abordagens teóricas da aprendizagem, que por sua vez, possuem implicações educacionais que vão repercutir sobre os modelos de ensino. Portanto, faz-se necessário refletir a dimensão epistemológica dos modelos de ensino para que encontre aquele que melhor desenvolva, no aluno, diferentes processos de raciocínio, proporcionando-lhe maiores reformulações de ideias e consequente eficiência da sua aprendizagem.

Associada à dimensão cognitiva há os incontornáveis aspectos emocionais. A natureza humana do pensamento científico revela uma rica faceta emocional.

Para Piaget o conhecimento e sua construção são motivados por dimensões afetivas. O que busca o Sujeito Epistêmico? Enquanto a inteligência opera em uma esfera biopsicológica, a afetividade é a sua energia, aquilo que a move a partir de um conflito cognitivo que busca a sua “equilíbrio majorante” através de processos adaptativos. Os objetos afetivamente significativos têm um efeito **mobilizador** das ações dos sujeitos, mas não as transformam; ou seja, por mais que as estruturas cognitivas para a construção do conhecimento sofram processos de assimilação e acomodação com o objetivo de adaptação, a dimensão emocional não o modifica, apenas o move.

“Obviamente, para a inteligência funcionar deve ser motivada por um poder afetivo. Uma pessoa jamais resolverá um problema se o problema não a interessar. O ímpeto para tudo reside no interesse, motivação afetiva... Mas, tomem, p.ex., dois meninos e suas lições de Aritmética. Um deles gosta delas e avança; o outro, sente-se inferior e tem o típico complexo das pessoas que são fracas em Matemática. O primeiro aprenderá mais rapidamente, o segundo mais vagarosamente. Mas, para ambos, 2 e 2 são 4. A afetividade não pode modificar de todo a estrutura adquirida. Se o problema é a construção das estruturas, a afetividade é essencial como a motivação, mas ela não pode explicar as estruturas”. (Piaget, 1980, em entrevista a Bringuier – Furth, 1995).

Outros estudiosos também da construção do conhecimento, como Vygotsky e Wallon, forneceram outras contribuições a essa questão da dimensão emocional no tocante a questão da origem do conhecimento e sua relação direta com a dualidade cognição-afetividade. Enquanto para Vygotsky a consciência, enquanto processo psicológico superior (integrante das funções psicológicas superiores, tipicamente característica dos seres humanos) apresentava um caráter interfuncional e dinâmico que se aplicava ao afeto e ao intelecto; Wallon defendia que o ser humano é um ser afetivo desde que sai da dimensão puramente biológica, e que é desta afetividade que se

diferencia lentamente, a vida racional. Portanto, no início da vida, afetividade e inteligência estão sincreticamente misturadas, com o predomínio da primeira.

Ainda que Freud não tenha mencionado a noção de motivação em sua obra, é possível estabelecer uma analogia quase direta desta com a noção de pulsão. Para ele, uma pulsão é um estímulo aplicado ao psiquismo (GODOI, 2002). A motivação para aprender vem “do entrelaçamento dos aspectos cognitivos e afetivos no interior do construto motivacional” (*Ibid*, p. 331)

—Eureka! Eureka! Versa a lenda que assim gritou Arquimedes ao sair correndo nu pelas ruas de Siracusa na Grécia antiga ao entender a relação entre volume deslocado e densidade após observar seu próprio corpo imerso no fluido de sua banheira. Essa interjeição parece revelar seu prazer e sua euforia ao entender a relação.

Nenhum cientista se constituiu como tal por ter lido sobre técnicas em compêndios ou assistido aulas. Mas todos eles ou elas trazem dentro de si o desejo de saciar curiosidades. Mesmo para Piaget o conhecimento e sua construção são motivados por dimensões afetivas.

Considerando que a natureza do pensamento científico é multifacetado, é importante ter consciência de que não se desenvolve apenas a dimensão cognitiva e operacional do pensamento científico. Alguns livros de metodologia quando lidos sem uma localização adequada à realidade local podem dar a percepção de que a ciência é algo desconectado da realidade histórica, social e econômica do lugar onde se a pratica. Devemos considerar, na formação de jovens pesquisadores, as dimensões epistêmica, cultural, histórica, cognitiva e emocional, entre outras, intrínsecas a esse legado cultural. No caso particular do Brasil, devemos construir uma consciência nacional sobre a maneira como a nossa atuação insere-se na linha de desenvolvimento de nosso país, seja pelo conjunto de problemas que escolhermos tratar, ou da maneira como comunicamos e difundimos os nossos resultados. De uma forma mais ampla, se deixarmos de entender a natureza humana do pensamento científico, não compreenderemos o sentido que ele tem na história da humanidade local ou global, não justificaremos para nós mesmos porque precisamos entender e contribuir com a sua evolução, não entenderemos a dinâmica de sua propagação e apropriação que rege o aprendizado desse tipo de raciocínio que a humanidade refina a mais de um milênio, a sua relação com o desenvolvimento de nosso país.

2 A ontogênese do pensamento científico

O pensamento científico desenvolve-se ao longo da vida de um indivíduo humano desde os primeiros anos da infância (KUHNS; PEARSALL, 2000) e continua ao longo de toda a vida (FUJIMURA; LATOUR, 1989) em processo conhecido como desenvolvimento ontogenético ou ontogênese.

A Epistemologia Genética de Jean Piaget descreve uma ontogênese do

conhecimento científico (PIAGET; DUCKWORTH, 1970). Em sua obra, o pensamento científico está associado à capacidade de o humano realizar operações lógicas que ele descreve como hipotético dedutivas. Essa evolução ocorre por aproximações sucessivas e na adolescência um adolescente já poderia ser capaz de raciocinar lógica e sistematicamente utilizando estruturas de lógica proposicional (BORGES; DA CRUZ FAGUNDES, 2016). A significância da obra de Piaget para a aprendizagem das ciências reside no fato de que o pensamento científico é mais uma vez reconhecido como um fenômeno humano e que os humanos desenvolvem a capacidade de empregar a lógica subjacente à estrutura formal hipotética dedutiva ao longo de sua maturação cognitiva, resultante da influência de várias forças que impelem esse desenvolvimento.

Diante dessa proposição, é plausível que pudéssemos estimular o desenvolvimento desse raciocínio durante a Educação básica e que essa iniciação deveria ocorrer pela estimulação e exercício do raciocínio sistemático de formulação de hipóteses e sua subsequente experimentação. Educação científica na educação básica não deveria, portanto, proceder apenas com a apresentação e orientar o acúmulo de conhecimentos já conhecidos, mas pelo exercício do método científico: da observação, da experimentação, da formulação e da verificação de hipóteses.

No entanto, boa parte da experiência de aprendizagem na educação básica parece estar centrada em ciclos de memorizar e recobrar conceitos científicos já conhecidos. Apesar de essa forma enaltecer os conceitos fundadores da área e sua importância, a memorização dos conceitos parece não ser uma abordagem adequada de formação dos espíritos científicos (BACHELARD, 1996). O conhecimento de fatos e conceitos científicos *per se* representa uma pequena parte do processo mais adequado de aprendizagem. Diríamos que é a parte mais superficial de uma iniciação científica.

Quando se ‘ensina’ a uma criança de 8~9 anos definições de conceitos que pensadores levaram anos, décadas ou séculos para construí-las, ela pode não apreender o conceito em sua plenitude. A criança pode reter tais definições na memória por algum tempo, e o sentido dessa definição para ela pode não ser compreendido. Isso não implica, portanto, que saberá resolver um problema concreto propondo hipóteses a partir dessa definição. Aprender, do ponto de vista da competência, significa ser capaz de usar os conceitos em sua vida para resolver problemas.

Outro problema associado a esse paradigma é fazer com que os alunos associem o ‘fazer científico’ a uma memorização de fatos desvinculados do exercício contínuo do raciocínio científico, e parece não contribuir com uma aprendizagem duradoura. Como consequência, perde-se o prazer pelas disciplinas científicas, prejudicam suas habilidades criativas de inovação e a curiosidade natural e necessária ao fazer científico. Diminuem-se as chances de formarmos mais jovens inclinadas e inclinados às carreiras científicas (LIBEN; COYLE, 2014).

É um enorme equívoco manter no ensino básico, em pleno século XXI baseado no paradigma de memorização. Esse paradigma já era criticado no início do século XX com o metafórico nome de ‘Funil de Nuremberg’ (<https://goo.gl/j2MB5g>). Paulo Freire adota a denominação ‘educação bancária’ para designar esse paradigma de ensino e aprendizagem.

O Método Científico tem origem ainda com Descartes e foi desenvolvido por Isaac

Newton. Em essência, ele representa uma forma de raciocínio eficaz à proposição de respostas a problemas para os quais não sabemos a resposta. Todos os ramos do conhecimento humano adotam esse tipo de raciocínio, respeitando a natureza do conhecimento sob estudo. Estamos falando de uma recente e muito efetiva tradição cultural humana que deveria ser transmitida de forma integral com o passar dos anos escolares.

Apesar da longa tradição do pensamento científico nas culturas orientais e ocidentais, o ensino desse tipo de raciocínio nas escolas (habilidades e competências associadas) tendem a priorizar a apresentação dos resultados obtidos por meio dele do que efetivamente a desenvolver habilidades para usá-los sempre que necessário. No início da educação básica as crianças estão abertas a esse desenvolvimento.

É natural das crianças o comportamento ‘errático’ ao explorar o mundo, fazer perguntas curiosas. Não é uma forma natural de aprendizagem receber de forma passiva fatos científicos que não consegue alcançar (ver filme *La Educación Prohibida*, disponível em <http://www.educacionprohibida.com/>). As crianças logo percebem que há duas ‘ciências’ na escola: aquela que lhes exige memorizar conceitos e definições e outra, que eles gostam mais, aquela que lhes é apresentado por meio de experimentos criativos e divertidos.



Figura 2: Filme 'A Educação Proibida'

Ensinar conceitos científicos aos jovens é desenvolver competências cognitivas relacionadas ao raciocínio hipotético-dedutivo. Isso, em parte, está associado à memorização de conceitos estabelecidos. Quando se limita o ensino (e a avaliação) de conceitos científicos apenas na memorização e na prova, está baseando o paradigma de ensino-aprendizagem apenas na memorização de definições. Isso em nada ajuda no desenvolvimento do raciocínio supra referido.

O papel de pesquisadores mais experientes nesta formação continuada e na iniciação científica é fundamental. Deve-se observar: (i) os aspectos do pensamento científico discutidos na seção anterior, (ii) o tempo necessário à sua maturação e, (iii) a importância da qualidade da vida em comunidades científicas para que essa propagação. Ela deve estar associada a boas emoções e respeite as emoções dos mais jovens.

Considerando que políticas de educação científica no Brasil devem promover o nosso desenvolvimento industrial e nossa competitividade (GUIMARÃES; HUMANN, 1995) é muito importante perceber que a formação de nossos pesquisadores deveriam ser orientadas para desenvolver junto a nossos futuras e futuros colegas o sentido de sua atuação e como elas e eles poderão contribuir com o desenvolvimento de nosso país.

3 A estrutura do método científico

A partir da compreensão da natureza do raciocínio científico acima, podemos definir etapas para sua operacionalização e propor técnicas associadas a cada uma dessas para um tipo específico de método científico. Para fins de ilustração, restringimo-nos nesta seção a descrever o raciocínio científico de paradigma quantitativo. No final de cada seção tentaremos apontar o que seria diferente num paradigma qualitativo. Nos capítulos subsequentes ocorrem apresentações de variados tipos de paradigmas de pesquisa.

A reflexão prévia pode ser transcrita em um projeto de pesquisa que abranja a escolha do tema, formulação do problema de pesquisa, construção da(s) hipótese(s), indicação de variáveis, delimitação dos objetivos geral e específicos, escolha da amostra, apresentação da justificativa, realização de revisão da literatura, seleção do método, que abrange a escolha de técnicas e instrumentos de coletas de dados adequados ao alcance dos objetivos estabelecidos, e delimitação de cronograma de pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2003, 2008).

Para Bunge, o processo da descoberta científica passa pelos: descobrimento do problema, colocação precisa do problema, procura de conhecimentos ou instrumentos relevantes do problema, tentativa de uma solução, investigação da consequência da solução obtida, prova ou comprovação da solução, isto é, confronto da solução com a totalidade das teorias pertinentes, e, correção das hipóteses (BUNGE, 2001).

Nas subseções a seguir discutiremos as principais etapas necessárias à execução do pensamento científico. Nesta subseção descreveremos como este raciocínio pode ser realizado por pesquisadores experientes. Apresentaremos as etapas de revisão da literatura, formulação de perguntas, delimitações de problemas, proposição de hipóteses, captura de dados e o refinamento de hipóteses a partir de experimentações.

3.1 Aprender o conhecimento conhecido antes de fazer observações

Nos últimos cinco séculos, a observação sistemática da natureza e a busca por explicações que ‘não eram consideradas importantes’ pelos dogmas religiosos foi o ponto de partida para a evolução do conhecimento da humanidade (HARARI, 2017). Hoje, qualquer área do conhecimento humano já acumula muitas informações sobre seus

objetos de estudo e afins. Antes de iniciar observações diretas, que no passado era a maior fonte de informações, hoje contamos com uma forma mais econômica de aprofundar o entendimento sobre um fenômeno particular, pois as fontes de informações e dados podem ser acessadas por meio de uma revisão da literatura (MARCONI; LAKATOS, 2003).

A competência relacionada corresponde à capacidade de o pesquisador perceber o estado da arte e o estado da técnica no entorno de um tema. Essa habilidade tem seu desenvolvimento mediado por tarefas de pesquisa de artigos nas mais diversas fontes de informação (CUNHA; CENDÓN, 2010). Essa tarefa pode concluir após a localização de alguns artigos que tratem o problema em estudo, mas para que a leitura e tomada de consciência do pesquisador esteja pronta para construir novo conhecimento é necessário que essa revisão da literatura seja sistemática (OLIVEIRA; GOMES, 2016) de modo a que se tenha acesso a uma coleção de informações que represente o conhecimento mais atual da humanidade sobre o tema.

Após a construção de um bom entendimento sobre os fenômenos estamos em ponto de formular perguntas que nos tragam respostas novas, aprendizado e conhecimento novo. No próximo capítulo detalharemos melhor acerca da revisão da literatura.

3.2 Formular perguntas interessantes

Com o raciocínio científico, a partir do entendimento do estado da arte sobre um problema, formulamos possíveis soluções e avaliamos se as mesmas (hipóteses) são confirmadas ou refutadas. Um processo de pesquisa científica requer organização das ideias desde a identificação do problema de pesquisa até a definição das estratégias a serem utilizadas, tendo em vista solucioná-lo de forma eficiente (MARCONI; LAKATOS, 2003).

O conceito de problema de pesquisa pode ser entendido como uma questão que desperta interesse e curiosidade cujas informações parecem não ser suficientes para a solução. O problema ou pergunta de pesquisa é uma sentença em forma interrogativa ou uma questão sobre a relação de duas ou mais variáveis ou fenômenos a serem pesquisados que construímos em consonância com o estado da arte sobre um problema. Uma pergunta ideal deveria apontar para um espaço vazio de conhecimento, visivelmente argumentado a partir da resenha dos achados mais recentes.

É preciso muita atenção e precisão na sua formulação. Sua formulação deve ser redigida de forma clara e concisa, compreensível e operacional. Todas as definições dos termos utilizados em sua formulação precisam ter ocorrido de forma precisa. Em outras palavras, uma pergunta de pesquisa aponta para algo para o qual se vai buscar resposta, uma questão não resolvida para o qual a solução seja possível por meio de método adequado de experimentação (MARCONI; LAKATOS, 2008).

3.3 Formular hipóteses

Hipóteses são candidatas a respostas que ora verificado por meio de experimentações sistemáticas passam a ganhar o status de conhecimento adquirido. Hipóteses são de mesma natureza que os conhecimentos, são elaboradas tendo como referência o conjunto dos conhecimentos já reconhecidos como verdadeiros. Antes de serem verificadas ainda não são conhecimentos, mas representam condição *sine qua non* para construção dos mesmos.

A formulação de hipóteses deriva necessariamente do problema de pesquisa. São enunciadas sob a forma de uma afirmação, ainda provisória, que o autor do trabalho esta enunciando um conhecimento. Hipótese é uma aposta que o pesquisador faz sobre os resultados prováveis de pesquisa. A elaboração do problema de pesquisa e o enunciado de hipótese parecem próximos, mas a hipótese se caracteriza por apresentar uma força explicativa provisória, que será verificada no trabalho de campo.

No entanto, para que uma proposição de hipótese seja considerada como uma efetiva candidata a se tornar um conhecimento novo, ela deve corresponder a um conhecimento ainda não adquirido pela humanidade sobre o fenômeno que se observa. Esse conjunto de conhecimento e o ‘controle’ que dele advém damos o nome de estado-da-arte sobre um tema. E como garantir que o conteúdo de uma proposição de hipótese corresponde de fato a um elemento novo que fará avançar a fronteira do conhecimento?

Uma das maneiras mais eficazes de se verificar se uma hipótese fará avançar a fronteira do conhecimento de um tema é por meio da leitura de trabalhos que o estudaram. Tendo em vista que temas relevantes são estudados por muitos pesquisadores e que esses resultados são publicados em muitos veículos (revistas, congressos) e que conhecimentos afins podem estar escritos em muitos idiomas, é plausível pensar que apenas uma exaustiva leitura de trabalhos relacionados ao mesmo tema nos proporcionaria a total certeza de que estamos de fato formulando uma hipótese que fará avançar a fronteira do conhecimento sobre esse. Por isso, é fundamental a realização de uma revisão de literatura consistente, baseada nas principais publicações da área, abalizada pelos principais conceitos, definições e teorias relacionados aos assuntos em estudo e precisa a fim de que apresente realmente os materiais necessários ao escopo da pesquisa. (MARCONI; LAKATOS, 2003) afirmam que a revisão bibliográfica é imprescindível para a não duplicação de esforços, a não descoberta de ideias já expressas e a não-inclusão de lugares-comuns no trabalho, para provar a viabilidade da pesquisa.

A ampla gama de materiais disponíveis na Internet pode causar um volume de dados desnecessários à pesquisa e demandaria um grande esforço para leitura e entendimento daquilo sem grande contribuição à investigação. Em capítulo recente descrevemos como a uma revisão pode ser exaustiva com a adoção de técnicas de pesquisa bibliográficas conhecidas como revisão sistemática da literatura (OLIVEIRA; GOMES, 2016).

Nos estudos quantitativos as hipóteses são colocadas à prova para determinar sua validade. A hipótese conduz a uma verificação empírica e tornar-se importante para que a pesquisa apresente resultados úteis. Quando se tratar de estudos quantitativos, o pesquisador deve formular hipóteses e verificar a partir de cálculos estatísticos a serem

comprovadas por meio de testes adequados (OSPINA et al., 2015).

Nos estudos qualitativos, a explicação da hipótese, segundo a compreensão de alguns autores, não é obrigatória. Contudo, uma hipótese de pesquisa pode orientar e ajudar a estruturar os argumentos que avançam novos conhecimentos em conclusão dos estudos (FLICK, 2014).

3.4 Desenvolver predições testáveis

A formulação dessa(s) predição(ões) está associada à necessidade de planejar a organização da fase de coleta, tendo em vista proporcionar a organização dos dados a serem analisados, interpretados e representados em gráficos, tabelas e quadros, bem como em textos com descrições, explicações e interpretações à luz das definições e conceitos de base da pesquisa.

A organização dos experimentos antecede a efetiva experimentação de hipóteses a sua explicitação de variáveis. Uma variável refere-se a um elemento do fenômeno que está sendo pesquisado. Pode-se denominar de variável o campo de variação de um tipo de dado a ser medido (quantitativamente) ou descrito (qualitativamente). Essa relação de variáveis muda um pouco quando adotamos um paradigma qualitativo ou exploratório. Neste paradigma os problemas são formulados de modo tal que ao final, por um processo criativo de abdução, são identificadas variáveis e formuladas hipóteses (PEIRCE, 1997).

A variável independente é aquela que influencia, determina ou afeta outras variáveis. Variável dependente é aquela que será impactada, ao ser experimentada, pela variável independente (MARCONI; LAKATOS, 2008).

Na pesquisa qualitativa ocorre exatamente o contrário. Busca-se explorar o fenômeno, identificando e isolando variáveis e tentando propor teorias e modelos baseadas em dados (FLICK, 2014).

3.5 Capturar dados para testar predições: Experimentar

Chegamos na parte mais antiga do pensamento científico. Mesmo que não tenhamos estudado, formulado perguntas, elaborado hipóteses, sempre observamos a natureza. Herdamos essa estratégia da prática de construção de conhecimento do Alhazen (SABRA; OTHERS, 1989). A captura de dados ocorre mediante a escolha de técnicas adequadas. A escolha do conjunto de técnicas pode ser redundante. No entanto, ela não deveria ser inapropriada. Por exemplo, se formulamos hipótese sobre a aprendizagem de um conceito científico por jovens de 14 anos quando interagem por meio de ambientes virtuais colaborativos, não deveríamos perguntar a eles se aprenderam. Devemos tentar capturar indícios a partir da observação de seu comportamento que sejam suficientes para permitir concluir sobre o aprendizado (WORSLEY; BLIKSTEIN, 2017).

3.6 Refinar, alterar, expandir ou rejeitar hipóteses

Uma outra forma de resolução de um problema ocorre por indução da melhor

solução. Usamos um pouco dessa estratégia na vida cotidiana e alguns autores chamam as versões menos elaboradas desse tipo de raciocínio de tentativa e erro. As versões mais elaboradas estão associadas às epistemologias das ciências da natureza e da vida, como a Física e a Biologia. Nessas áreas, os profissionais são apoiados a desenvolver ao longo dos anos um tipo de raciocínio que lhes permite descrever fenômenos, modelar, a partir de dados observados. Essa retificação a partir de observações gera um novo conhecimento e esse processo é tido como uma indução de um novo conhecimento.

Essas descrições levam a teorias ou paradigmas, de acordo com (KUHN, 2001), que interpretam as causas e os efeitos dos eventos e que podem ser testados através de experiências. (IACCARINO, 2003)

3.7 Desenvolver modelos e teorias

A proposição de modelos e teorias representam, ao mesmo tempo, um ato de coragem e de bondade. Coragem, pois, ela estará no momento seguinte submetida a críticas, testes e arguições. E bondade pois, como lembra a citação atribuída a Kurt Lewin, “Não há nada mais prático do que uma boa teoria.”

Teorias são abstrações superiores inspiradas na reificação de padrões sistematicamente identificados a partir de análises de dados qualitativas ou quantitativas. O sentido do qualificativo abstrato significa que uma teoria deve servir para descrever uma grande quantidade de casos dentro de um conjunto de variações desses (FLICK, 2014).

Como as teorias são inferidas a partir de exemplos, a sua generalização pode ser sempre colocada à prova. E é esse o objetivo da atuação de um cientista: tentar a todo custo identificar de que maneira as teorias estão ‘erradas’, ou imprecisas e propor ajustes. Esses ajustes se acumulam e quando a teoria principal encontra-se muito remendada, ocorre uma crise e portanto uma mudança de paradigma, segundo a teoria das revoluções científicas de (KUHN, 2001).

O pensamento científico não se limita ao tipo positivista descrito acima. Existem muitos outros paradigmas, passando por abordagens qualitativas (FLICK, 2014), chegando a abordagens situadas (PINK; LEDER MACKLEY, 2013) e livre na forma do procedimento de construção de conhecimentos (PINK; SALAZAR, 2017). Cada uma dessas abordagens exigiriam uma seção equivalente a presente. Algumas delas são desenvolvidas em capítulos subsequentes deste livro.

4 Por uma epistemologia da Informática na Educação

A epistemologia é a ramo da ciência que estuda o conhecimento *per si* e sua evolução. E uma epistemologia específica, descreve a maneira como o conhecimento é construído avançando-se o limite definido pelo conjunto de conhecimentos acumulados com novos e originais elementos. Nesta subseção definiremos esse ramo em particular. Em seguida qualificaremos as epistemologias específicas das áreas de Ciências Humanas, Ciências da Natureza, Ciências da Informação. Tentaremos esclarecer como nas áreas

específicas do conhecimento humano o raciocínio científico foi adaptado para permitir a evolução do conhecimento próprio. Para nos aproximarmos da subárea da informática na Educação discutiremos as epistemologias construtivistas e pós-construtivistas.

4.1 O que é uma epistemologia?

epistemologia

e·pis·te·mo·lo·gi·a

sf

FILOS

1 Conjunto de conhecimentos sobre a origem, a natureza, as etapas e os limites do conhecimento humano; teoria do conhecimento.

2 Estudo crítico das premissas, das conclusões e dos métodos dos diferentes ramos do conhecimento científico, das teorias e das práticas; teoria da ciência.

ETIMOLOGIA

der do voc comp do *gr epistēmē+o+gr lógos+ia*¹, como *fr épistémologie*.

A epistemologia é o ramo da filosofia que estuda o conhecimento *per si*, a evolução do conhecimento ou da maneira por meio da qual o conhecimento evolui. Para um cientista moderno, mais importante que conhecer técnicas isoladamente, é muito importante que esteja afeito às características da epistemologia de sua área.

Cada ramo da ciência desenvolve conjunto próprio de técnicas para promover o avanço do respectivo conhecimento. Essa especialização de objeto, método e técnicas é uma tendência natural motivada pela busca de forma cada vez mais precisas e eficazes de construir conhecimentos de forma credível. A maneira própria de construir conhecimento de cada área pode ser denominada de epistemologia. Existe livros que orientam como ensinar o método científico para as áreas específicas do conhecimento. Em cada uma das seções a seguir citaremos os livros clássicos que orientam a epistemologia de cada subárea descrita.

4.2 Epistemologias das Ciências Humanas

Existem muitas epistemologias nas disciplinas que compõem à área de Ciências Humanas. Tentaremos aqui nem sermos exaustivos nem simplistas. Mas, discutiremos alguns exemplos.

De uma forma geral, nessa área os fenômenos que são objetos de observações são em sua maioria conceitos abstratos, como: tensão social, identidade (*self*), desenvolvimento humano. A observação direta desses não é possível e a construção de conhecimento ocorre a partir da inferência de padrões de dados individuais, como é o caso da Psicologia e da Educação (MAGINAI; SPINILLOII; DE SÁ MELOII, 2017), ou sociais, como é o caso da Sociologia ou Antropologia (SUCHMAN, 2011). A credibilidade dos resultados das pesquisas em ciências humanas são garantidas pela maneira como o pesquisador constrói suas hipóteses, cuida de seu método e articula sua argumentação dos resultados (FLICK, 2014).

Para dar um exemplo de como ocorre este tipo de inferência e a relação indireta que é necessária estabelecer entre os dados e o conhecimento gerado sobre o objeto de estudo, vejamos estudos da aprendizagem e do desenvolvimento, fenômenos de nossa área de Informática na Educação. De uma forma objetiva, não é possível observar a aprendizagem ocorrendo. De uma forma indireta, é possível observar o comportamento de um indivíduo ou vários indivíduos em momentos sucessivos de seu desenvolvimento e observar os seus comportamentos motores, suas expressões orais, sua produção iconográfica. A partir desses indícios externos e observáveis, o pesquisador atua como uma máquina de inferência ao estabelecer relações que descrevem e/ou explicam o percurso do desenvolvimento. Pelo fato de não podermos ainda observar diretamente muitos dos fenômenos humanos, essas ciências são tidas como de epistemologias pós-positivistas, pois não há como verificar de forma absoluta aquilo que não se pode observar. Em lugar de avançar o conhecimento pela verificação de novos elementos, tenta-se avançá-lo pela tentativa de falsificar proposições atuais, substituindo-as por versões mais completas, complexas, detalhadas (POPPER, 2007), assim como ocorre com muitas outras áreas do conhecimento. Os modelos de relações criados pelos pesquisadores são sempre recortes da natureza única dos fenômenos observados.

O acúmulo de conhecimento, visto como um fenômeno global, ocorre continuamente e por aproximações sucessivas. No final do Século XIX, o filósofo estadunidense Charles Sanders Peirce define uma lógica pragmática e fenomenológica. Segundo o autor, a construção de conhecimento ocorre por tentativas (pragmatismo) de experimentações que implicam o próprio pesquisador (fenomenológico) e o avanço pelas incorporações de novas e pequenas verdades circunstanciais ocorre por aproximações sucessivas. Em sua epistemologia, a formulação de hipóteses corresponde ao que Peirce chamou de abdução. Ao propor uma nova hipótese o pesquisador age de forma criativa, inspirado por conhecimentos adquiridos, no sentido de definir uma direção e uma amplitude do novo elemento a ser experimentado (PEIRCE, 1997).

Pressupostos e crenças sempre orientam o ponto de vista e a argumentação das interpretações a partir das evidências circunstanciais. Essas narram possíveis explicações dos sistemas humanos e sociais. As ideologias e visões de mundo corroboram com a construção dessas narrativas científicas nesta área. Há correntes que atuam com a construção de conhecimento a partir de perspectivas feministas, étnicas e de gêneros específicas (DENZIN; LINCOLN, 2011).

Considerando que o principal instrumento no processo de análise e interpretação de dados de pesquisa na área de Ciência Humanas é o próprio pesquisador (pós-positivismo) ocorre que muitas vezes dados são analisados à luz de teorias (COHEN; MANION; MORRISON, 2013). Essas, por sua vez são definições igualmente fundadas em observações de conceitos e relações entre conceitos que servem de categorias para descrever os fenômenos observados. No bojo dessas teorias essas categorias vão corresponder a unidades de análise que servem e causam o efeito de guiar o olhar dos observadores que selecionam aquilo que deve ser considerado como dado e que será objeto de análises e interpretações.

4.3 Qual epistemologia para a subárea da Informática na Educação?

A identidade epistemológica da Informática na Educação confunde-se com a plêiade de duas grandes áreas: Ciência da Computação e Humanas. A filosofia da ciência da computação compartilha a filosofia da Matemática e afins, mas também considera a análise de artefatos computacionais, isto é, sistemas informáticos criados por humanos, e se concentra em métodos envolvidos no projeto, especificação, programação, verificação, implementação e teste desses sistemas (TURNER; EDEN, 2008).

Com a introdução da ideia de complexidade, a Ciência da Informação passa por um processo de busca paradigmática, aspecto presente em qualquer ciência na pós-modernidade (FRANCELIN, 2004)

Algumas subáreas da Ciência da Computação seguem alguns aspectos epistemológicos da área das Ciências Humanas. Uma delas é a de Interação Humano Computador (em Inglês, *Human Computer Interaction*) (ROGERS; SHARP; PREECE, 2011) e uma outra é a nossa área de Informática na Educação (em Inglês, *Computer and Education*) (DILLENBOURG; FISCHER, 2007).

A área de Sistemas de Informação é um ramo da Ciência da Computação cuja natureza de seus objetos de estudo é artificial. Uma das características dos objetos de estudo dessa área é que os novos sistemas de informação correspondem diretamente às hipóteses formuladas e sob as quais os testes devem ocorrer.

No caso específico da Informática na Educação é um pouco diferente. Por se tratar de uma área interdisciplinar envolvendo fenômenos humanos em interação com sistemas artificiais, os objetos de estudo dessa área relacionam fenômenos humanos (argumentação, estratégias e conflitos de resolução, explanações) e os sistemas de informação (KOSCHMANN, 2011). De uma forma geral o conhecimento da área de informática na Educação evolui do acúmulo de conhecimentos de efeitos que sistemas de informação causam no comportamento humano. A definição proposta por Pierre Dillenbourg e Frank Fischer deixam claro essa relação entre pessoas e computadores: “*the way in which technologies can be used in designing interactions: by placing student in a situation in which they need to engage in effortful interactions in order to build a shared understanding*” (DILLENBOURG; FISCHER, 2007) (p. 111) Os fenômenos podem ser dos mais superficiais como a relação entre um estilo de interação e o efeito na percepção visual dos usuários (LAZAR; FENG; HOCHHEISER, 2017; ROGERS; SHARP; PREECE, 2011) até fenômenos bem mais profundos como a relação entre as atividades sociais de produção e consumo de mídias digitais e a constituição ou desenvolvimento da identidade (*self*) de participantes de um grupo social específico (BRITO et al., 2017). Na passagem abaixo lemos uma reflexão que explicita como as fronteiras do conhecimento na área de Informática na Educação avançam ((DILLENBOURG; FISCHER, 2007)):

Research on cooperative learning repeatedly and robustly showed that it is not cooperation per se which affects learning. It is rather a question of the appropriate instructional conditions (...), and, even more importantly, of the emergence and support of productive interactions (...), which in turn stimulate the cognitive and metacognitive processes necessary for learning. It is to be stressed

that findings revealing that technology does not guarantee particular learning outcomes do not imply the end of CSCL, but instead encourage us to gain a deeper understanding of how technology features affect social interactions and - mediated by these - learning outcomes. (p. 4)

A identidade com a área de Ciências Humanas, na subárea de Informática na Educação vem do fato de que a epistemologia segue a abordagem, os pressupostos ou as teorias adotadas. Vejamos dois exemplos que ilustram, respectivamente, a adoção de teorias construtivistas e de cognição situada.

Primeiro o exemplo que usa a teoria de aprendizagem e desenvolvimento de Piaget. Para comparar a aprendizagem de conceitos consecutiva ao uso de instrumentos de desenho como régua e compasso e software de Geometria Dinâmica, (GOMES, 2008) utiliza os pressupostos construtivistas e a unidade de análise piagetiana de esquema mental para descrever os conceitos que adolescentes mobilizam ao realizar construções geométricas com os referidos artefatos. O registro dos gestos de desenhos e as verbalizações são os indícios usados para servir de base a sua argumentação. A partir da inferência do comportamento observado de estudantes ele conclui sobre a estrutura de suas estratégias, sobre os conceitos que são mobilizados, a estrutura dos instrumentos e enfim a efetividade de cada um dos conjuntos de artefatos.

A natureza sócio técnica dos fenômenos estudados (objetos de estudo) em nossa área são similares daqueles estudados na área específica de Design. Ao longo do último século, e seguindo a evolução do pensamento de Design a partir dos anos 20 do século passado, vimos a estruturação de uma epistemologia do conhecimento sobre a relação entre sistemas artificiais e humanos. Essa área é denominada *Design Science Research* (KOSKINEN et al., 2013) e será objeto de um capítulo específico neste livro.

5 As limitações do método científico e a epistemologia do Design

A visão da ciência que tudo explica entra em crise entre meados do século XIX e início do século XX. Os humanos reconhecem a complexidade de um universo que se transforma muito além de suas capacidade de produzir explicações (FRANCELIN, 2004). É neste momento histórico que vivemos. Diversos ramos da ciência buscam redefinir suas bases propondo novos métodos e técnicas que lhes permita dar conta da reconhecida complexidade dos fenômenos da natureza.

O pensamento científico impõe limitações à prática de atividades humanas como a inovação e o design de novas tecnologias (KOSKINEN et al., 2013)

Em particular as limitações do pensamento científico dentro da prática da pesquisa em Informática na Educação e como essa limitação pode ser suplantada pela combinação de outros tipos de raciocínio à resolução de problemas. Por vezes, profissionais de áreas de Exatas e Engenharias subestimam a complexidade do comportamento humano e assumem versões de conhecimentos do senso comum como parâmetros de seus projetos. Essa atitude é arriscada e leva à produção de produtos, serviços e negócios que não atendem as necessidades dos usuários para os quais as soluções foram criadas.

O método científico sozinho não permite promover inovação. Da mesma maneira, podemos afirmar que o Método Científico é menos conhecido que os produtos que com ele são gerados.

A abordagem do Design Research representa um passo na direção de fundar uma abordagem epistemológica da pesquisa em Design. Ela se afasta de uma visão racionalista, herdeira intelectual da visão da teoria de sistemas de H. Simon, segundo a qual a prática do Design seria algo reflexivo. O Design Research, ou Design Research Construtivo, é uma prática imaginativa, propositiva, que se realiza coletivamente, para propor visões de futuro.

A corrente do Design Research é uma epistemologia de conhecimento que define a forma de construção de conhecimento na área do Design e que seja *quasi* independente das abordagens positivistas, interpretativistas de método científico. Podemos também afirmar que se trata de um paradigma projetivo de método científico, igualmente eficaz à resolução de problemas.

Os sistemas que representam problemas reais vividos pelos usuários costumam ser representados por uma quantidade tal de variáveis que torna inviável a geração de soluções de forma objetiva, científica, matemática. Podemos fazer uma analogia a um sistema de equações que possuem mais variáveis que equações. Para tais sistemas, é necessário que se estabeleçam valores a um conjunto de variáveis até que o sistema tenha solução (LIMA, 2004). No raciocínio de Design isso ocorre quando atribuímos valores fixos às variáveis ou dentro de um intervalo. Esses passam a assumir função de restrições dentro do raciocínio de design e permitem ‘efetuar o cálculo’ de soluções.

Essas restrições são obtidas por meio de técnicas de Design que contribuem de maneira complementar para obter, delimitar, e transformar valores para as variáveis. A competência de Design é construída a partir do exercício das técnicas e da tomada de consciência de como a execução concomitante ou sucessiva de um conjunto delas permite modelar soluções que resolve um problema atendendo a uma grande quantidade de variáveis, restrições. Tentaremos deixar claro a seguir, por meio da apresentação de habilidades e noções, como o raciocínio de Design evoluiu para permitir escolhas conscientes da sequência de técnicas mais adequadas à geração de soluções para um determinado problema.

É importante destacar neste momento algumas das diferenças entre este tipo de raciocínio e o raciocínio de design. A primeira delas é o controle de variáveis. No raciocínio científico os problemas são formulados a partir da delimitação dos mesmos com o objetivo de descobrir relações de causa e efeito entre uma pequena quantidade de variáveis (OSPINA et al., 2015). Isso significa que na operacionalização do raciocínio científico ocorre uma tentativa de controlar a maior quantidade possível de variáveis para, ao variar uma delas (a variável independente), concluir sobre o tipo de relação que há com outras variáveis (dependentes).

O Design Research tenta emancipar-se ou até mesmo suplantar o pensamento científico enquanto alternativa à resolução de problemas práticos e ligados à criação de novos artefatos. Ao fazê-lo propõe um programa de ação e reflexão na ação por meio da qual ele de fato não estuda a realidade de forma ampla, mas apenas a atividade para a qual deseja ‘resolver’ algo, e acompanha a evolução da solução que é continuamente colocada

à prova no contexto de uso num processo contínuo e cíclico de experimentação.

A aplicação de técnicas pode ser individual, mas na maioria das vezes o Design é uma atividade coletiva, por meio da qual pessoas com habilidades complementares precisam se organizar para juntos resolverem o problema. O conjunto de habilidades de comunicação e habilidades de raciocinar soluções torna um grupo sempre mais eficaz que um indivíduo.

Essa competência é construída a partir da evolução de muitas habilidades que são pouco desenvolvidas nos sistemas educacionais brasileiros. Para citar alguns exemplos, habilidades como autonomia, autorregulação da aprendizagem, pensamento crítico, criatividade, pensamento visual, a importância do erro na aprendizagem, pensamento científico, são poucas vezes trabalhados de forma intensiva junto aos nossos estudantes da Educação Básica.

Os elementos de um método do tipo Design Research possuem equivalentes ao pensamento científico. As técnicas de imersão e síntese são o equivalente da revisão da literatura, pois uma abordagem direta e imediata no mercado seria melhor que uma formulação de problema a partir de resultados distantes realizados por terceiros.

As hipóteses são materializadas em formas de protótipos e são testadas qualitativamente novamente no mercado, nunca em um laboratório. Cada dúvida durante a realização de um projeto pode ser formulada na forma de uma pergunta e um método adequado poderia ser mobilizado para responder e avançar um conhecimento novo, original sobre o entendimento daquele problema específico.

Os resultados de um processo de design integram as soluções a cada uma das hipóteses materiais e os produtos que evoluem a cada ciclo de interação. Os protótipos evoluem continuamente na medida que suas características atendem a cada vez mais restrições relacionadas ao uso, às necessidades dos usuários, as condições impostas pelo mercado.

6 Exemplo Ilustrativo

Em um trabalho recente, os autores analisam o efeito de situações ‘maker’ de aprendizagem utilizando um pequeno arsenal de técnicas que são combinadas para concluir sobre a relação entre o fato de os alunos resolverem problemas usando o corpo todo em lugar de apenas resolvendo problemas em um livro (WORSLEY; BLIKSTEIN, 2017). Este trabalho é um excelente exemplo da aplicação do método científico para construção de conhecimento em nossa área. Eles desejam verificar se há correlação entre a atividade motora empreendida durante a resolução de um problema em atividades do tipo ‘mão na massa’ (*hands-on learning activity*). Essa foi, durante muitas décadas a hipótese básica das abordagens construtivistas de aprendizagem e desenvolvimento. Muitos estudos pontuais e com abordagens qualitativas foram realizados desde a década de 1970, mas este presente estudo chama a atenção pela quantidade de dados coletados, pela importante quantidade de dados primários das duas dimensões que se deseja relacionar: manipulação direta de kits didáticos e a consecutiva aprendizagem. A abordagem experimental adotada permitiu identificar padrões que não eram possíveis

perceber com abordagens tradicionais. Em seu abstract lemos numa linguagem mais técnica como os autores delimitaram o objeto de estudos, o método e os resultados:

This paper presents three multimodal learning analytic approaches from a hands-on learning activity. We use video, audio, gesture and bio-physiology data from a two-condition study (N=20), to identify correlations between the multimodal data, experimental condition, and two learning outcomes: design quality and learning. The three approaches incorporate: 1) human-annotated coding of video data, 2) automated coding of gesture, audio and bio-physiological data and, 3) concatenated human-annotated and automatically annotated data. Within each analysis we employ the same machine learning and sequence mining techniques. Ultimately we find that each approach provides different affordances depending on the similarity metric and the dependent variable. For example, the analysis based on human-annotated data found strong correlations among multimodal behaviors, experimental condition, success and learning, when we relaxed constraints on temporal similarity. The second approach performed well when comparing students' multimodal behaviors as a time series, but was less effective using the temporally relaxed similarity metric. The take-away is that there are several strategies for doing multimodal learning analytics, and that many of these approaches can provide a meaningful glimpse into a complex data set, glimpses that may be difficult to identify using traditional approaches.

7 Resumo

Neste capítulo apresentamos a natureza do pensamento científico explorando várias de suas dimensões humanas, sociais, epistemológicas e histórias. Discutimos a sua gênese ontológica a partir de referências da psicologia do desenvolvimento. De uma forma operacional, descrevemos o processo tácito de sua operacionalização. Em seguida localizamos as variantes do pensamento científico para distintas epistemologias até chegarmos a uma tentativa de definição da epistemologia da Informática na Educação. Concluimos com uma reflexão sobre os limites do pensamento científico. Ao final da leitura deste capítulo, você deve ser capaz de: reconhecer alguns elementos chaves do processo de construção de novos conhecimentos e o sentido da palavra epistemologia.

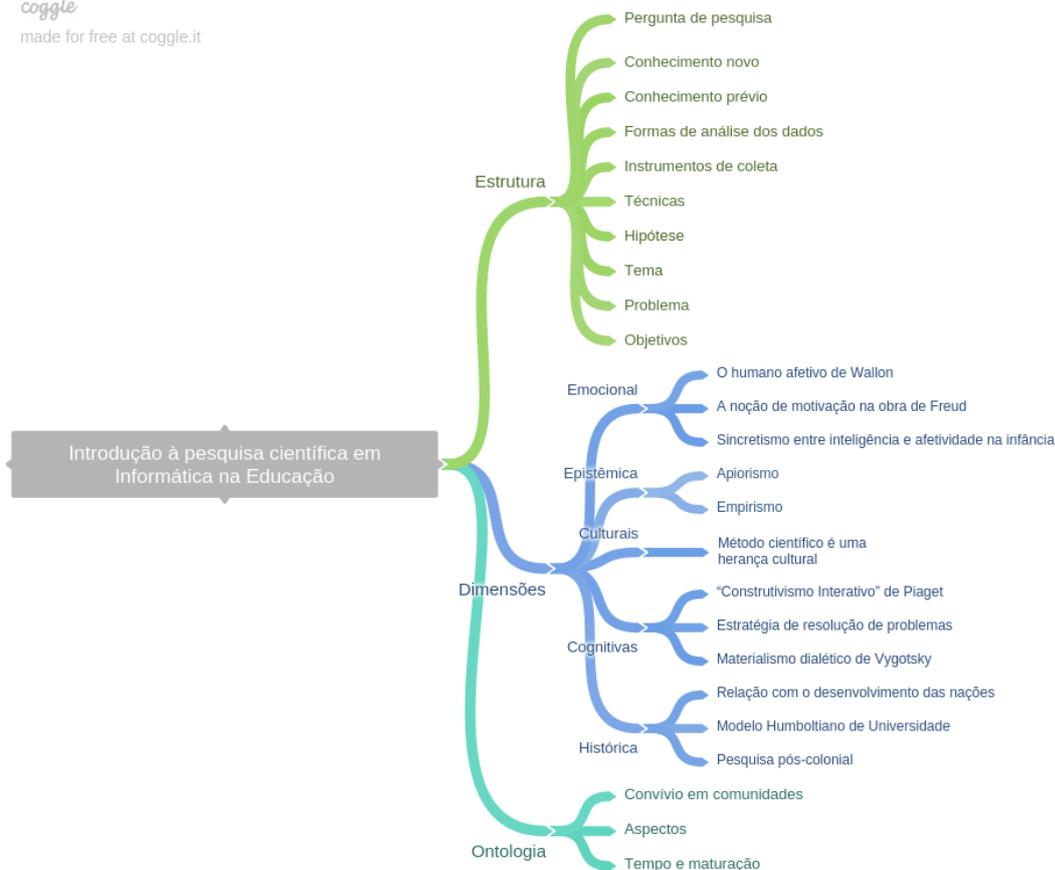


Figura 3: Mapa mental com os conceitos apresentados neste capítulo

8 Leituras Recomendadas

- **Planejamento e elaboração de projetos de pesquisa** (MARCONI; LAKATOS, 2008). Nesse livro você encontrará orientações sobre como construir um projeto de pesquisa coerente e consistente do ponto de vista lógico e epistemológico.
- **Métodos de pesquisa com humanos em interação com sistemas computacionais** (LAZAR; FENG; HOCHHEISER, 2017). Os livros de metodologia em Interação Humano Computador são importantes referências para orientar na construção de métodos de pesquisa com Informática na Educação.

9 Livros exemplos

- **Research methods for human-computer interaction** (BLANDFORD; COX; CAIRNS, 2008). Capítulo de livro sobre experimentos de um livro de metodologia de pesquisa em interação homem-máquina. É um exemplo bem interessante para se buscar inspiração em como descrever um trabalho científico como exemplo ilustrativo para o capítulo.

10 Exercícios

- 1) Escolha um artigo dentro aqueles publicados nas conferências ou jornais da “*The International Society of the Learning Sciences*” (<https://www.isls.org>) que adote abordagem qualitativa em seus procedimentos metodológicos e discuta as características de sua epistemologia: conhecimento anterior, problema, hipótese, método e argumentos de conclusão.
- 2) Faça o mesmo para um artigo que adotou um paradigma quantitativa de pesquisa.
- 3) Faça o mesmo para um artigo que adotou um paradigma misto qualitativo e quantitativa de pesquisa.

11 Referências

- ASH, M. G. Bachelor of What, Master of Whom? The Humboldt Myth and Historical Transformations of Higher Education in German-Speaking Europe and the US1. **European Journal of Education**, v. 41, n. 2, p. 245–267, 2006.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. [s.l.: s.n.].
- BARTKE, A. Somatic growth, aging, and longevity. **npj Aging and Mechanisms of Disease**, v. 3, n. 1, p. 14, 2017.
- BLAINEY, G. **Uma Breve História do Mundo**. 3ª edição ed. Curitiba, Paraná: Editora Fundamento, 2015.
- BORGES, K. S.; DA CRUZ FAGUNDES, L. A teoria de Jean Piaget como princípio para o desenvolvimento das inovações. **Educação**, v. 39, n. 2, p. 242–248, 2016.
- BRITO, J. A. et al. **Ubiquitous meaningful learning: Practices in the urban context**. Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI. **Anais...2017**
- BRUNO LATOUR. **Ciência em Ação: Como seguir cientista e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Unesp, 2000. v. 4
- BUNGE, M. **La science, sa méthode et sa philosophie**. 3a ed. ed. Paris: Vigdor, 2001.
- CLARIVATE. **Research in Brazil: A report for CAPES by Clarivate Analytics**. London: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/images/stories/download/diversos/17012018-CAPES-InCitesReport-Final.pdf>>.
- COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. [s.l.] Routledge, 2013.
- CUNHA, A. Á. L.; CENDÓN, B. V. Uso de bibliotecas digitais de periódicos: um estudo comparativo do uso do Portal de Periódicos da Capes entre áreas do conhecimento. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 15, n. 1, p. 70–91, 2010.
- DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **The Sage handbook of qualitative research**. [s.l.] Sage, 2011.
- DIFRANCESCO, J. M.; OLSON, J. M. The economics of microgravity research. **Npj**

- Microgravity**, v. 1, p. 15001, 27 maio 2015.
- DILLENBOURG, P.; FISCHER, F. Computer-supported collaborative learning: The basics. **Zeitschrift für Berufs-und Wirtschaftspädagogik**, v. 21, p. 111–130, 2007.
- DOURISH, P.; MAINWARING, S. D. **UbiComp's Colonial Impulse**. Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing. **Anais...: UbiComp '12**. New York, NY, USA: ACM, 2012. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2370216.2370238>>
- FLICK, U. **An Introduction to Qualitative Research**. [s.l.: s.n.].
- FRANCELIN, M. M. Configuração epistemológica da ciência da informação no Brasil em uma perspectiva pós-moderna: análise de periódicos da área. **Ciência da Informação**, v. 33, n. 2, p. 49–66, 2004.
- FUJIMURA, J. H.; LATOUR, B. **Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society**. **Contemporary Sociology**, 1989.
- GODOI, C. K. Pulsão e Cognição: categorias da motivação na aprendizagem. **Revista de Ciências Humanas**, n. 32, p. 329–347, 2002.
- GOMES, A. S. Referencial teórico construtivista para avaliação de software educativo. **Brazilian Journal of Computers in Education**, v. 16, n. 02, 2008.
- GUIMARÃES, J.; HUMANN, M. Training of human resources in science and technology in Brazil: The importance of a vigorous post-graduate program and its impact on the development of the country. **Scientometrics**, v. 34, n. 1, p. 101–119, 1995.
- HARARI, Y. N. **Sapiens - Uma breve história da humanidade**. [s.l.: s.n.].
- HESSEN, J. **Teoria do conhecimento**. [s.l.: s.n.]. v. 54
- IACCARINO, M. Science and culture: Western science could learn a thing or two from the way science is done in other cultures. **EMBO reports**, v. 4, n. 3, p. 220–223, 2003.
- IRANI, L. et al. **Postcolonial Computing: A Lens on Design and Development**. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. **Anais...: CHI '10**. New York, NY, USA: ACM, 2010. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1753326.1753522>>
- IRANI, L. C.; DOURISH, P. **Postcolonial Interculturality**. Proceedings of the 2009 International Workshop on Intercultural Collaboration. **Anais...: IWIC '09**. New York, NY, USA: ACM, 2009. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1499224.1499268>>
- KOSCHMANN, T. **Theories of Learning and Studies of Instructional Practice**. New York, NY, USA: [s.n.].
- KOSKINEN, I. et al. Design Research Through Practice: From the Lab, Field, and Showroom. **IEEE Transactions on Professional Communication**, v. 56, n. 3, p. 262–263, 2013.
- KUHN, D.; PEARSALL, S. Developmental Origins of Scientific Thinking. **Journal of**

- Cognition and Development**, v. 1, n. 1, p. 113–129, 2000.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas** Perspectiva, , 2001. Disponível em: <<https://books.google.com/books?id=NgrsSQAACAAJ&pgis=1>>
- LAZAR, J.; FENG, J. H.; HOCHHEISER, H. **Research methods in human-computer interaction**. [s.l.] Morgan Kaufmann, 2017.
- LIBEN, L. S.; COYLE, E. F. Developmental interventions to address the STEM gender gap: Exploring intended and unintended consequences. In: **Advances in child development and behavior**. [s.l.] Elsevier, 2014. v. 47p. 77–115.
- MAGINAI, S. M. P.; SPINILLOII, A. G.; DE SÁ MELOII, L. M. A Resolução de Problemas de Produto Cartesiano por Alunos do Ensino Fundamental. **Educação & Realidade**, v. 43, n. 1, p. 293–311, 2017.
- MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisa, elaboração e interpretação de dados**. 6a ed. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- OLIVEIRA, F. K.; GOMES, A. S. Revisão Sistemática da Literatura. In: OLIVEIRA, F. K. DE; ABREU, K. F. (Eds.). . **Métodos e pesquisas em Educação**. 1ª Edição ed. Brasília, DF: Editora Kiron, 2016. p. 164.
- OSPINA, P. E. et al. Estatística em Informática na Educação. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 4, n. 1, p. 95–135, 2015.
- PEIRCE, C. S. **Pragmatism as a Principle and Method of Right Thinking: The 1903 Harvard Lectures on Pragmatism**. [s.l.] State University of New York Press, 1997.
- PIAGET, J.; DUCKWORTH, E. Genetic Epistemology. **American Behavioral Scientist**, v. 13, n. 3, p. 459–480, 1970.
- PINK, S.; LEDER MACKLEY, K. Saturated and situated: expanding the meaning of media in the routines of everyday life. **Media, Culture & Society**, v. 35, n. 6, p. 677–691, 2013.
- PINK, S.; SALAZAR, J. F. Anthropologies and futures: Setting the agenda. **Anthropologies and Futures: Researching Emerging and Uncertain Worlds**, p. 2, 2017.
- POPPER, K. R. **The logic of scientific discovery / by Karl R. Popper**. [s.l.: s.n.].
- ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Interaction Design: Beyond Human - Computer Interaction**. 3rd. ed. [s.l.] Wiley Publishing, 2011.
- SABRA, A. I.; OTHERS. **The optics of Ibn al-Haytham: Books I-III: On direct vision**. [s.l.: s.n.]. v. 1
- SUCHMAN, L. Anthropological relocations and the limits of design. **Annual Review of Anthropology**, v. 40, 2011.
- TURNER, R.; EDEN, A. The Philosophy of Computer Science. **Stanford Encyclopedia**

of **Philosophy**, v. 6, n. 4, p. 459–459, 2008.

WOODS-TOWNSEND, K. et al. Meet the Scientist: The Value of Short Interactions Between Scientists and Students. **International Journal of Science Education, Part B**, v. 6, n. 1, p. 89–113, 2016.

WORSLEY, M.; BLIKSTEIN, P. A Multimodal Analysis of Making. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, p. 1–35, 2017.

YURY, S. **The internet of things in the context of the philosophy of technique: The transfromation of being**. 2017 2nd International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS). **Anais...2017**

Sobre os autores



Alex Sandro Gomes

<http://lattes.cnpq.br/5723385125570881>

Alex Sandro Gomes é Engenheiro Eletrônico (UFPE, 1992), Mestre em Psicologia Cognitiva (UFPE, 1995) e concluiu o doutorado em Ciências da Educação pela Université de Paris V (René Descartes) em 1999. Atua com a design de ambientes colaborativos de aprendizagem. É Coordenador das comunidades de software livre Amadeus e Openredu.



Claudia Roberta Araújo Gomes

<http://lattes.cnpq.br/6120322185504988>

Psicóloga, mestre e doutora em Psicologia Cognitiva pela UFPE (2005). É professora adjunta da UFRPE, na área de psicologia e orientação profissional, do Departamento de Educação. Atua como pesquisadora colaboradora dos seguintes grupos de pesquisa vinculados ao Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq: CCTE (Ciências Cognitivas e Tecnologia Educacional/UFPE); e Nuppem (Núcleo de Pesquisas em Psicologia da Educação Matemática/ UFPE). A partir de 2011, em regime de cessão, vem atuando na Secretaria Estadual de Educação de Pernambuco como Gerente Geral de Educação Infantil, Anos Iniciais e Correção do Fluxo Escolar.