

Uma Metodologia de Pesquisa Sobre a Construção de Conhecimentos em Circuitos Elétricos Lineares Elaborada com Base no Método Clínico Piagetiano

A Research Methodology on the Knowledge Construction Process in Linear Electrical Circuits Elaborated Based on the Piagetian Clinical Method

Fernando Bittencourt Freiesleben  Brasil
Maria Luiza Rheingantz Becker Brasil
Liane Ludwig Loder Brasil

Este artigo apresenta a metodologia de pesquisa desenvolvida para investigar a construção do conhecimento de estudantes bem como a sua compreensão sobre o conceito da resistência interna de uma fonte de tensão, representado pelo fenômeno cotidiano da redução do brilho de uma lâmpada ao se ligar um chuveiro. Adotou-se como referencial teórico, na área de Educação, a Epistemologia Genética de Jean Piaget, e na área de Eletricidade, a Teoria de Circuitos Elétricos Lineares (TCEL). Para a metodologia, utilizou-se a abordagem qualitativa, mediante o uso da estratégia de estudos de casos múltiplos. As entrevistas foram semiestruturadas, inspiradas e adaptadas do Método Clínico Piagetiano com a intenção de identificar e analisar as explicações e as relações que os estudantes estabeleciam com o modelo teórico que explica o fenômeno. Assim, pretende-se apresentar aos leitores docentes possibilidades de utilização desse material como referência, reflexão e estímulo para a investigação das suas próprias práticas em sala de aula, bem como para a elaboração de ações pedagógicas que acompanhem a aprendizagem dos estudantes no contexto de cursos tecnológicos de eletricidade, eletrônica ou afins, tanto no Ensino Médio como no Superior. Por isso, são detalhadas todas as etapas de elaboração do instrumento de coleta de dados, são citadas respostas dos entrevistados, são apresentadas reflexões sobre cuidados e benefícios da metodologia para possibilitar a tomada de consciência dos atores sobre outros pontos de vista, e, por fim, são discutidas possibilidades de elaboração de atividades interativas e prospectivas para o uso em sala de aula.

Palavras-chave: Epistemologia Genética; Aprendizagem Tecnológica; Método Clínico; Circuitos Elétricos.

This paper presents the research methods developed to investigate the knowledge construction process of students and how they understand the concept of internal resistance as represented by the everyday situation in which an electric shower causes the light of a light bulb to dim when turned on. The theoretical framework for this study is based on the Piagetian genetic epistemology and the linear circuit theory. The methodology was developed based on a qualitative approach, using the multiple-case study strategy. The semi-structured interviews were inspired by and adapted from the Piagetian clinical method in order to identify and analyze the students' explanations and associations regarding the theoretical model that explains the phenomenon. The goal is to make this paper available for teachers as a reference material and an encouragement to reflect about their own teaching practices so they can develop pedagogical actions to assist the students' learning process in vocational courses on Electricity, Electronics and similar areas in both secondary and higher education. The paper provides detailed information about the development and improvement of the data collection tool, includes answers from the subjects interviewed, reflects on the method's concerns and benefits to allow for the grasp of knowledge of other points of view, and, finally, discusses the possibilities of developing activities that are more interactive and forward-looking for the students.

Keywords: Genetic Epistemology; Technology Education; Clinical Method; Electrical Circuits.

Introdução

A expressão “como é que vocês não sabem isso?”, normalmente utilizada por professores em sala de aula para externar suas preocupações com as questões de aprendizagem, é retomada neste artigo para, com o mesmo sentido, destacar a preocupação e o interesse dos autores sobre as dificuldades dos estudantes em aprender, o que remete à necessidade de se conhecer os processos de aprendizagem.

Justamente por isso, a questão da compreensão foi tema central da pesquisa que serviu de referência para este artigo. Nela, os autores consideram a compreensão no mesmo sentido que Piaget (1978, p. 179): “compreender consiste em isolar a razão das coisas, enquanto fazer é somente utilizá-las com sucesso”.

Os autores acreditam que a concepção epistemológica que conduz o planejamento e a execução das ações relacionadas ao ensino pode influenciar na construção de conhecimento e, portanto, na compreensão, favorável ou negativamente. Piaget (1975, p. 88) explica que a aprendizagem com reforço externo, que ocorre quando se informa ao estudante ou se permite que ele observe os resultados de um raciocínio que ele mesmo deveria ter feito, produz “pouca mudança no pensamento lógico ou então uma extraordinária mudança momentânea, sem compreensão real”. O desenvolvimento cognitivo que se expressa no pensamento lógico, segundo o autor, depende das ações do sujeito sobre o objeto, de suas coordenações de operações e abstrações reflexionantes

e das tomadas de consciência que lhe permitem explicar as razões de seus êxitos e insucessos.

Nesse sentido, a pesquisa realizada sobre a aprendizagem da Teoria de Circuitos Elétricos Lineares procurou verificar como os estudantes do terceiro ano de um Curso Técnico de Eletrônica integrado ao Ensino Médio **constroem** e como poderiam (re) construir o conceito de que a tensão na rede de energia elétrica não fica constante, mas que depende também da corrente exigida da fonte de tensão, considerando os estudos feitos por eles durante os primeiros dois anos do curso.

Sob o ponto de vista da Epistemologia Genética, que foi o referencial teórico principal do trabalho, os autores pretendiam acompanhar o raciocínio dos estudantes durante o processo de construção conceitual da explicação desse fenômeno, visando identificar como o sujeito construía a noção da existência de uma relação entre as grandezas elétricas de tensão e de corrente numa pilha. Sua intenção era mapear o desenvolvimento da compreensão conceitual do fenômeno da resistência interna da fonte, verificando as relações que os sujeitos estabeleciam entre as variações de brilho em uma lâmpada e as alterações nos valores das correntes e tensões no circuito.

Para contextualizar o fenômeno físico, foi escolhida como exemplo a situação cotidiana da ocorrência da redução do brilho de uma lâmpada no momento em que se liga um chuveiro na mesma rede de energia elétrica. Os modelos teóricos que os sujeitos necessitavam para elaborar uma explicação conceitual sobre esse fenômeno já haviam sido estudados durante o 2º ano do seu Curso Técnico, sendo referência na maioria das disciplinas da matriz curricular desse curso.

A investigação buscou identificar e analisar as explicações e as relações que os estudantes estabeleciam com o modelo teórico que descreve o fenômeno. Assim, de modo geral, os autores pretendiam verificar de que forma os processos cognitivos do sujeito se explicitavam na aprendizagem de circuitos elétricos lineares.

O delineamento metodológico da pesquisa, definido a partir dos princípios teóricos da Epistemologia Genética, foi essencial para o alcance dos objetivos propostos. Por essa razão, e por acreditar na importância da contribuição dessa metodologia para a formação de professores, o artigo se dedica a esse tema.

Assim, o presente artigo propõe-se a descrever o processo metodológico elaborado para aquela pesquisa, com base na Epistemologia Genética e inspirado no Método Clínico Piagetiano, tendo por objetivo apresentar aos leitores docentes possibilidades de utilização desse material como referência, reflexão e estímulo para a investigação das suas próprias práticas, bem como para a elaboração de ações pedagógicas que favoreçam o desenvolvimento da aprendizagem no contexto de cursos tecnológicos de eletricidade, eletrônica ou afins, tanto no Ensino Médio como no Ensino Superior.

Nesse sentido, os autores julgam ser relevante apresentar algumas referências aos resultados obtidos com o uso de tal metodologia, de modo a mostrar o potencial do Método Clínico na forma como foi usado, muito embora a apresentação desses resultados não seja o objetivo desse artigo.

Delineamento da investigação

A investigação sobre os processos cognitivos evidenciados na aprendizagem de circuitos elétricos lineares foi desenvolvida através de uma abordagem qualitativa, na qual foi utilizada a estratégia estudos de casos múltiplos (Yin, 2001) e entrevistas semiestruturadas (Delval, 2002), inspiradas e adaptadas do Método Clínico Piagetiano.

Foi considerado que a estratégia de estudo de casos seria a adequada porque utiliza a lógica da replicação para fazer a análise de dados, visto que, conforme Yin (2001, p. 54), “os resultados empíricos podem ser considerados ainda mais fortes se dois ou mais casos sustentam a mesma teoria”. Assim, a estratégia estudo de caso não trabalha com a lógica da amostragem e com análise estatística.

A escolha do Método Clínico para a execução das entrevistas com os participantes, por sua vez, levou em consideração a explicação de Delval (2002, p. 70), quando destaca o que há de universal, e não o peculiar, em cada sujeito e, então, o considera como “um sujeito epistêmico, um sujeito que produz conhecimentos”. Battro (1978, p. 227) comenta que para Piaget, enquanto o sujeito psicológico está centrado sobre o eu consciente, o sujeito epistêmico constitui-se a partir do que há em comum a todos os sujeitos que fazem parte do mesmo nível de desenvolvimento, naquele contexto. O referido autor conceitua que, para Piaget, “são as coordenações mais gerais de todo o sistema de ações que traduzem assim o que há de comum a todos os sujeitos e que, portanto, refere-se ao sujeito universal ou sujeito epistêmico e não individual”.

Nesse sentido, o pesquisador seguiu a proposta de Delval, que defende que o Método Clínico é útil para investigar as “características gerais da forma de explicar ou de resolver um problema” pelo sujeito epistêmico, bem como para “achar os caminhos pelos quais o sujeito chega às suas explicações”. Para Delval (2002, p. 71), “o sujeito tem uma concepção do mundo, geralmente implícita, da qual ele próprio não tem consciência, mas é dela que se vale para dar sua explicação” e, neste sentido, o Método Clínico pode auxiliar a “tornar consciente essa explicação, saber como é organizada”.

De acordo com Piaget (1926, p.10) no Método Clínico o entrevistador “ao dirigir, se deixa dirigir”, situando cada resposta dentro do contexto mental do sujeito, observando, colocando problemas, fazendo variar as condições em jogo, testando e controlando cada uma das hipóteses de acordo com reações do sujeito.

Para Delval, o interesse da investigação não deve estar centrado no indivíduo, mas na maneira como ele consegue resolver o problema, que é, muitas vezes, não explícita, bem como nas razões que o sujeito apresenta para explicar como entende tal situação. Dessa forma, o pesquisador “deve evitar transferir diretamente sua própria forma de pensar aos sujeitos que está estudando. Em suma, tem de encontrar uma coerência nas condutas e nas explicações dadas pelos sujeitos” (Delval, 2002, p. 71). Segundo este autor, isto representa uma das dificuldades na utilização do Método Clínico.

Conforme o autor, uma das formas de se encaminhar adequadamente essa questão consiste em produzir o fenômeno diante do sujeito, pedir que ele o explique e, ainda, provocar outras situações que possam pôr em xeque essas explicações ou,

ainda, apresentar contra-argumentações, que são explicações com pontos de vista diferente sobre o problema (alguns corretos e outros distorcidos em relação à explicação científica), apresentadas como se tivessem sido ditas por outro entrevistado. Para tanto, o pesquisador necessita ter um conhecimento compatível com o objeto de estudo e com a aplicação do Método Clínico, pois continuamente terá que estabelecer novas hipóteses ou reformular as anteriores acerca dos motivos da explicação dada pelo sujeito, bem como produzir alterações nas perguntas ou na situação experimental, para tentar extrair informações sobre o modo como o sujeito constrói o seu raciocínio.

Com isso, Delval (2002) procura destacar a importância do delineamento do experimento e da entrevista com as perguntas e contra-argumentações, que devem ser apresentadas pelo entrevistador evitando sugerir, direcionar ou induzir as respostas do entrevistado. Esta é outra dificuldade da utilização do Método Clínico, pois às vezes é necessário resgatar alguma resposta anterior do sujeito ou reconsiderar alguma decisão tomada anteriormente.

Estas questões exigem muita atenção e flexibilidade do entrevistador, além de conhecimento sobre o assunto e habilidade em formular as perguntas certas, no momento oportuno e da forma mais adequada possível, com vistas a testar a coerência interna do sujeito entre o que faz e o que diz, visando solucionar o problema que lhe foi apresentado. Há flexibilidade e liberdade para intervenções em qualquer momento da entrevista. Segundo o autor, existem diferentes possibilidades de intervenção, que ele define como elementos que servem de apoio para estimular as respostas dos sujeitos.

Na investigação que serviu de base para esse artigo foram utilizados diferentes tipos de intervenção para estimular as respostas dos sujeitos, as quais caracterizam o instrumento de pesquisa, tais como: as histórias contadas aos sujeitos, que envolviam apresentar a eles a situação cotidiana da redução do brilho da lâmpada do banheiro quando o chuveiro era ligado, e questionar se sabiam prever o que aconteceria e como explicariam o fenômeno; uma tarefa em que os sujeitos elaboravam um experimento para simular o fenômeno em estudo enquanto eram questionados pelo entrevistador; as perguntas direcionadas aos sujeitos durante o experimento e as contra-argumentações, que apresentavam explicações com outros pontos de vista. Também foram utilizados como elementos de apoio os desenhos dos circuitos e os cálculos, ambos feitos pelos próprios sujeitos, que serviram de referência tanto para a elaboração de novos questionamentos e contra-argumentações como para a análise dos resultados das entrevistas.

Delval (2002, p. 98) adverte que as perguntas não devem se distanciar do foco do problema e sugere que sejam orientadas pelas hipóteses e objetivos da investigação. O autor ainda recomenda que se elabore “um núcleo básico de perguntas que se refiram aos aspectos fundamentais de nossa pesquisa, e que, portanto, devem ser feitas a todos os sujeitos”, de modo que se possa fazer a comparação entre as respostas.

Por outro lado, essa flexibilidade necessária e inerente ao Método Clínico acarreta uma variedade de respostas que acaba por dificultar o procedimento de análise dos dados, visto que, segundo Delval (2002, p. 162), “não existem procedimentos gerais para

realizá-la, e cada nova pesquisa significa uma forma diferente de análise que teremos de inventar”. Assim, o autor sugere que se estabeleçam categorias de análise para identificar o que se reconhece como semelhante e o que se percebe como diferente com base nos objetivos e hipóteses definidos inicialmente.

Delval (2002, p. 168) exemplifica que uma forma de se proceder a essa análise é colocar em contraste as explicações dos sujeitos diante dos conceitos estabelecidos pela ciência em questão. Esse confronto faz-se necessário para poder identificar uma hierarquia conceitual nas respostas visto que a construção do conhecimento pressupõe o uso inicial de noções, pré-conceitos e generalizações parciais que poderão ser superadas pela reflexão sobre suas próprias ações e sobre os resultados das suas experiências. Por pressuposto, ao se fazer um estudo evolutivo, as referências principais por meio das quais se deve verificar os progressos dos sujeitos deverão ser as concepções geralmente aceitas por essa ciência, que o autor denomina como concepções disciplinares.

Assim, esse procedimento de análise pode resultar no estabelecimento de níveis, que, segundo Delval (2002, p. 232), apresentam uma hierarquia e uma sequência, estabelecidas não somente por “princípios explicativos melhores, de outro tipo ou de um nível distinto”, mas também pela possibilidade de relacionar as explicações entre si.

Os participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada com estudantes do terceiro ano de um Curso Técnico de Eletrônica integrado ao Ensino Médio, que não eram alunos dos pesquisadores, em uma escola da Região Metropolitana de Porto Alegre – RS. Para tanto, no início do ano letivo de 2013 foi firmado um Termo de Autorização para Realização da Pesquisa com a Direção da Escola.

O convite aos participantes foi realizado através de uma apresentação do projeto em sala de aula para os estudantes desse respectivo período escolar. Durante essa apresentação, todos foram informados de que a sua participação deveria ser espontânea, havendo a devida liberdade para se afastarem da pesquisa no momento em que desejassem ou necessitassem, sem qualquer ônus e que lhes seria assegurado o direito de terem a sua identidade preservada.

Assim, foram entrevistados nessa pesquisa estudantes com idades entre 16 e 19 anos, que, aceitando participar, assinaram, mediante autorização escrita dos seus pais (quando menores), um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Inicialmente foi realizado um estudo piloto para testes de diversas versões do instrumento de coleta de dados e do roteiro da entrevista. A coleta de dados com a versão final foi realizada em maio de 2014, com dez sujeitos que, então, desenvolveram e operaram um experimento que visava simular o problema da redução do brilho da lâmpada quando o chuveiro era ligado. Os sujeitos foram observados pelo pesquisador, que argumentava e intervinha, baseado no Método Clínico Piagetiano, durante a execução da atividade.

A elaboração do instrumento

O instrumento de coleta de dados utilizado nas entrevistas teve como objetivo direcionar as investigações para que se pudesse desvendar como os processos cognitivos se manifestam durante a construção do conhecimento dos estudantes sobre circuitos elétricos lineares, especificamente no que diz respeito ao fenômeno da redução do brilho de uma lâmpada no momento em que um chuveiro elétrico da mesma rede de energia elétrica é ligado.

Para se obter resultados mais ricos, acurados, fidedignos e alinhados com os objetivos da pesquisa, foi necessário que se submetesse o instrumento de coleta de dados inicialmente idealizado a diversos testes e revisões, nos quais foram feitas alterações, inclusões e retiradas de etapas, visando torná-lo mais interativo e prospectivo.

A primeira versão do instrumento foi bastante simples, pois consistia apenas em se medir a tensão de um conjunto de pilhas ou baterias, ligando, alternadamente, dois tipos de lâmpadas diferentes para verificar, através de questionamentos, como o sujeito explicava a variação na tensão da fonte e como ele relacionava essa variação de tensão com a corrente exigida pelo tipo de lâmpada ligada a essa fonte. Nesse instante inicial, os autores ainda não tinham pensado em incluir a situação do chuveiro como uma forma de se exemplificar esse fenômeno. Assim, essa primeira versão se iniciava com a medição da tensão de um conjunto de pilhas ou de uma bateria, ligando-se a ela uma lâmpada de 6V e 40mA e, então, desligando esta e ligando-se uma lâmpada de 6V e 250mA. O que se esperava era que o sujeito constatasse que, ao ligar a lâmpada de maior corrente, a tensão da pilha diminuiria. Então se solicitaria que ele explicasse as razões desse fenômeno para verificar como ele o compreendia. Observou-se que ocorriam situações em que o sujeito não conseguia apresentar uma explicação e assim não havia como prosseguir com a entrevista, uma vez que o entrevistador não tinha como alterar as condições do experimento ou criar novas situações que pudessem favorecer uma mudança de ponto de vista do sujeito e, por conseguinte, produzir novas reflexões.

Com a intenção de resolver tal dilema, elaborou-se uma segunda versão, introduzindo em uma segunda etapa da entrevista o conceito de “desenho” como um elemento projetivo (Delval, 2002; Gouveia, 2007). Nessa segunda etapa foi, então, solicitado ao sujeito que elaborasse um diagrama elétrico do circuito que havia montado. Com o emprego dessa técnica, os autores pretendiam apresentar ao sujeito outros elementos que o auxiliassem a elaborar suas explicações. Dessa maneira seriam obtidas mais informações sobre as concepções, a compreensão e a utilização dos esquemas conceituais do sujeito, os quais, segundo Piaget (1990, p. 310), são “esquemas a um só tempo gerais e abstratos, isto é, de conceitos que assumem a forma de classes ou relações”. Como exemplo de esquema conceitual, no contexto do ensino técnico e tecnológico, pode-se destacar o esquema conceitual da Lei de Ohm ($V = I \cdot R$), que relaciona a tensão (V) com a corrente (I) em uma determinada resistência elétrica (R), referindo-se, nesse caso, de acordo com a Teoria de Circuitos Elétricos Lineares, a uma classe específica de condutores submetidos a um intervalo determinado de tensão no qual a resistência

elétrica é constante.

Assim, ao se utilizar essa técnica, verificou-se que, mesmo elaborando os desenhos dos circuitos, alguns sujeitos ainda não conseguiram encontrar explicação para o fenômeno da redução da tensão na pilha, apresentando respostas padronizadas e fugidias, como por exemplo: “é porque a prática é diferente da teoria”, sem, no entanto, conseguir explicar as razões que fundamentavam o seu argumento.

Ponderou-se então que seria importante colocar o sujeito frente a uma situação empírica que produzisse um conflito intelectual e despertasse a sua atenção para a necessidade de reconhecer que deveria haver uma explicação científica para o problema da redução da tensão da pilha. Para tanto, na terceira versão da entrevista, foi elaborada uma situação em que a tensão da fonte não iria variar com a troca das lâmpadas ao se substituir as pilhas por uma fonte de tensão regulada, que é um equipamento projetado para manter a tensão constante independentemente do que é ligado a ela, simulando uma fonte de tensão ideal. Com isso, a intenção era possibilitar que o sujeito constatasse que a variação da tensão poderia estar relacionada com as características da fonte. Desse modo, essa constatação da variação e da invariância da tensão foi denominada “observável de tensão”, no mesmo sentido que Battro (1978, p. 173) conceitua que “o observável está longe de construir um simples dado sensível, passivamente registrado: é o resultado, observado sem pressuposição de uma ação experimental exercida sobre o real”. Acreditava-se, assim, poder investigar como o sujeito articulava seus esquemas conceituais sobre os Circuitos Elétricos Lineares para explicar esse conflito intelectual entre seus observáveis de tensão: variação de tensão na pilha, na primeira etapa, e invariância da tensão na fonte regulada, na terceira etapa.

No entanto, ao proceder as entrevistas, verificou-se que permanecia a dificuldade em encontrar explicações para o fenômeno, e que a diversidade de situações com as quais os sujeitos se depararam, por si só, pouco influenciaram a abertura de novos pontos de vista, a consideração de possibilidades e a construção de hipóteses.

Consideraram-se então, as hipóteses de que (i) seriam os esquemas conceituais de circuitos elétricos lineares que não estavam suficientemente consolidados a ponto de dificultar a sua utilização em problemas novos, ou (ii) seriam os mecanismos de estabelecimento de relações que não alcançavam a possibilidade de utilizar os esquemas conceituais constituídos para resolver situações novas. De qualquer modo, reconheceu-se a necessidade de apresentar situações em que os sujeitos pudessem visitar seus esquemas conceituais buscando a possibilidade de estabelecer relações nas quais também fosse possível ao entrevistador identificar a existência ou não dessas lacunas.

Nesse sentido, foi criada uma quarta etapa na entrevista que consistia em solicitar que o sujeito ligasse as duas lâmpadas em série e em paralelo. Assim, tinha-se por intenção verificar a consolidação dos esquemas conceituais da TCEL ao mesmo tempo em que se investigava como o sujeito estabelecia relações entre esses esquemas conceituais e a noção da resistência interna na pilha, que corresponde à resistência ligada em série com a pilha. No entanto, foi constatado que essa atividade não foi muito produtiva para o

estabelecimento dessas relações e para a abertura para novas possibilidades e, ainda, que ela tornava o experimento mais longo e complexo, desviando o foco da entrevista para a resolução de problemas sobre circuitos série e paralelo.

Para possibilitar a identificação das formas de pensar dos sujeitos, bem como verificar o desenvolvimento conceitual, pensou-se em criar uma quinta versão na qual a entrevista estivesse estratificada em três níveis, com graus de dificuldade crescente: i) um nível experimental, no qual o sujeito iria montar os circuitos, fazer medições e elaborar hipóteses; ii) um nível representacional, no qual o sujeito iria elaborar o diagrama elétrico do circuito e explicar seu funcionamento; iii) um nível conceitual, no qual o sujeito deveria utilizar os conceitos da Teoria de Circuitos Elétricos Lineares (TCEL) para deduzir relações e elaborar modelos generalizáveis. Entretanto, durante o desenrolar das entrevistas, foi constatado que esta estratificação ainda estava muito mais vinculada ao próprio conhecimento conceitual do que ao processo de construção deste, em oposição ao que se desejava investigar. Por isso, essa estratificação foi retirada, voltando-se ao modelo de entrevista anterior. Nessa versão, verificou-se também a necessidade de se adicionar uma quinta etapa, que consistia em perguntar aos sujeitos se seria possível determinar os valores das resistências das lâmpadas e, em caso positivo, como se poderia fazer isso. Julgou-se que essa etapa poderia favorecer ao sujeito, a partir do observável “resistência das lâmpadas”, estabelecer relações entre o experimento com o uso de lâmpadas e o circuito teórico com o uso de resistores.

Fato interessante nessa quinta versão foi que os autores constataram que, apesar do insucesso dessa estratificação, tal forma de organizar os resultados já concebia uma hipótese, mesmo que ainda inconsciente, sobre a possibilidade da existência do que, de modo similar, Garcia e Piaget (1987, p. 197) denominavam como “a psicogênese dos conhecimentos físicos”, ou seja, uma psicogênese da construção desse conhecimento.

Segundo Garcia e Piaget (1987, p. 73), a psicogênese pressupõe construções cognitivas que não se sucedem linearmente, mas que procedem de reconstruções e reorganizações de conteúdos de níveis inferiores precedentes mediante integração do conhecimento subsequente, nível a nível, conduzindo então “a novas construções, por extensão dos conteúdos e enriquecimento das estruturas” de pensamento.

Como exemplo, Garcia e Piaget (1987, p. 193) apresentam o mecanismo da psicogênese na evolução das teorias, o qual é descrito a partir da suposição de que determinada teoria T^i origina-se de certos observáveis O^i obtidos do plano da experiência, em determinado domínio D^i , mediante um processo de abstração empírica. Ao se constituir essa teoria T^i estabelece, também por abstração, uma distinção desse conjunto de observáveis em relação a outros do mesmo domínio. Isso promove uma ampliação do seu campo de atuação devido ao substabelecimento de novas relações. Estas novas relações, por sua vez, podem facilitar a identificação de novos observáveis O^j , em outro Domínio D^j , possibilitando, então, a passagem dessa teoria de nível inferior T^i a uma teoria de um nível imediatamente superior e ampliado, T^j , e assim sucessivamente.

Outra tentativa de apresentar aos sujeitos situações que pudessem auxiliar

no estabelecimento de relações e hipóteses foi feita na sexta versão da entrevista, ao se adicionar uma sexta etapa ao instrumento de coleta de dados, que consistia no experimento da caixa lacrada. Esse experimento era constituído de um recipiente hermético, contendo um componente elétrico oculto que pertencia ao domínio do conhecimento desses sujeitos. Assim, a identificação desse componente somente seria possível, em primeiro lugar, pela medição dos observáveis “tensão” e “corrente” em dois fios a ele conectados, que se prolongavam do interior para o exterior da caixa. A seguir, a partir do estabelecimento dessas relações, o sujeito poderia deduzir, sem ver, qual seria o componente que estava no interior da caixa lacrada. Em caso de sucesso, pretendia-se averiguar se o sujeito conseguiria utilizar os mesmos esquemas conceituais com os quais deduziu o componente da caixa lacrada para, por transposição ou analogia de relações, deduzir o fenômeno da resistência interna da pilha.

Observou-se que poucos foram os sujeitos que conseguiram identificar o componente e, além disso, muitos pareciam não entender a relação do experimento da caixa lacrada com o experimento da redução da tensão na pilha. Entretanto, nada se pode afirmar sobre a existência ou não de benefícios advindos com o uso desse experimento no que se refere à construção de esquemas conceituais ou ao estabelecimento de relações por sujeitos que demonstraram progresso na conceituação do fenômeno da resistência interna da pilha, uma vez que não foi esse o objetivo daquela investigação.

Esse contexto fortaleceu a hipótese de que uma insuficiente consolidação dos esquemas conceituais da TCEL justificava a dificuldade dos sujeitos em explicar o fenômeno da redução da tensão na pilha. Decidiu-se, por isso, adicionar uma sétima etapa em que os sujeitos foram interrogados sobre os conceitos da TCEL, tanto no início como no final da entrevista. Pretendia-se então verificar a consolidação desses esquemas conceituais antes e depois do experimento. Entretanto, durante o desenrolar dessa sétima versão da entrevista, verificou-se que esses questionamentos não estavam produzindo as contribuições que se esperava, pois a entrevista acabou ficando muito dirigida, assemelhando-se aos testes de verificação de conhecimentos tradicionalmente utilizados nas escolas. Este procedimento também desviou o foco da entrevista, produzindo uma demanda muito grande de tempo. Além disso, constatou-se que essa forma de questionamento não assegurava que as informações assim obtidas poderiam comprovar, irrefutavelmente, que o sujeito tenha compreendido os conceitos, pois o mesmo poderia estar apenas repetindo conceitos que foram decorados.

Na oitava versão, foi então retirada a etapa na qual os sujeitos eram arguidos sobre os conceitos da TCEL, mas ainda permanecia forte a hipótese sobre a insuficiência na consolidação dos conceitos da TCEL, o que provocava incômodo e inquietação nos pesquisadores. Outra preocupação com a qual os pesquisadores se defrontaram era a de que a entrevista elaborada até então estava muito diretiva, inibindo a tomada de ações espontâneas dos sujeitos. Essa preocupação é relevante, pois sabe-se que é justamente esse tipo de ação que pode trazer informações mais fidedignas sobre o funcionamento mental dos entrevistados. Dever-se-ia, então, tentar evitar ao máximo conduzir o

raciocínio do sujeito, obstáculo que poderia ser mais bem solucionado se a pessoa fosse colocada diante de uma situação rotineira e conhecida que apresentasse um problema no qual, até então, não tivesse pensado. Dessa forma, seria exigido do participante que recorresse às suas estruturas internas de raciocínio e aos seus esquemas conceituais para formular respostas que pudessem ajudá-lo a explicar o fenômeno. Acreditava-se que, durante esse processo, seria possível questionar o sujeito e acompanhar a evolução do seu pensamento. Nesse contexto, ao ler uma questão apresentada no ENEM no ano de 2014 (Globo, s/d), a qual solicitava ao respondente que identificasse a relação entre a tensão e a resistência (a partir do comprimento e da área de seção transversal do fio) em um resistor de chuveiro elétrico, os pesquisadores tiveram a ideia de incluir uma oitava etapa que consistia de uma situação cotidiana na qual, ao se ligar um chuveiro elétrico, ocorria uma redução no brilho de uma lâmpada do banheiro.

Assim, a pergunta com que se iniciava a entrevista era se ele já havia observado o que acontece no momento em que se liga um chuveiro elétrico. Caso o sujeito não soubesse explicar o fenômeno da redução do brilho da lâmpada com o uso do modelo científico adequado, deveria ser solicitado que ligasse as lâmpadas na pilha, uma de cada vez, observasse o que acontecia em cada caso e, depois, medisse as tensões. Se após isso o sujeito ainda não apresentasse a explicação adequada, poderia ser utilizado o experimento da caixa lacrada.

Para os casos em que ainda não houvesse êxito mesmo com o uso da caixa lacrada, pensou-se em tentar apresentar outros pontos de vista aos sujeitos de modo a promover conflito cognitivo com suas concepções atuais. Dessa forma, proporcionar-se-ia que eles recorressem aos seus esquemas conceituais para sua solução, e o pesquisador conseguiria identificar os caminhos por eles percorridos, bem como verificar de que forma o sujeito articulava o seu raciocínio. Foi assim que se elaborou a nona etapa, que consistia em apresentar aos sujeitos explicações diversas sobre o fenômeno, como se tivessem sido formuladas por outros estudantes. Essas respostas exerceram a função de contra-argumentações e eram constituídas por explicações verdadeiras ou explicações propositalmente falseadas – isto é, aquelas que, em uma visão superficial parecem fazer sentido, mas se forem analisadas com maior detalhamento, mostram conter inverdades sutilmente disfarçadas, de modo semelhante aos sofismas ou às falácias.

Muito embora esse artigo não tenha por objetivo principal apresentar resultados, alguns serão transcritos a seguir para elucidar o potencial alcançado pelo método nessa investigação em particular. Cita-se então, como exemplo de uma situação em que foi utilizada a contra-argumentação, a seguinte transcrição:

Pesquisador: Um colega teu disse que a pilha, assim como a rede de energia elétrica na casa dele, funcionam como se fossem capacitores, ou seja, elas armazenam energia. Aí quando tu ligas a lâmpada, elas descarregam. O que tu achas disso?

Entrevistado: *Acho que dá pra comparar porque quando o capacitor tá... Não, não.. Acho que não pode ser porque a corrente da pilha vai sempre se manter. Então a pilha vai sempre fornecer... ela não vai se descarregar...*

Nos casos em que os sujeitos apresentassem a explicação científica adequada, suas respostas eram contestadas com o uso dessa técnica ou de outras descritas a seguir, para que se pudesse verificar a consolidação desses esquemas conceituais. Outro procedimento utilizado com esses objetivos foi solicitar que o sujeito comprovasse seus argumentos, explicando-os por intermédio de um desenho elétrico do circuito (segunda etapa); calculando o valor da resistência interna da pilha (décima etapa); e, simulando a redução do brilho de uma lâmpada ligada a uma pilha, mediante a colocação de uma fonte regulada no lugar da pilha (décima primeira etapa).

Nesse contexto, o pesquisador poderia seguir o caminho do raciocínio do sujeito, questionando-o tal como ocorreu após ter montado o circuito para simular a situação pilha-lâmpada-chuveiro:

Pesquisador: O que aconteceu?

Entrevistado: *Diminuiu, deu pra ver... bem pouquinho.*

Pesquisador: É isso que acontece lá na tua casa?

Entrevistado: *Sim, igual. Chuveiro desligado e chuveiro ligado.*

Pesquisador: Então seria possível afirmar que esse experimento simula a situação do chuveiro ou não?

Entrevistado: *Simula.*

Pesquisador: Por que tu achas que o brilho da lâmpada diminuiu?

Entrevistado: *Em paralelo, se eu não me engano, a tensão é a mesma... Pode ter mudado porque dividiu a corrente ou pode ser que a resistência interna da lâmpada tenha influenciado.*

Pesquisador: Como assim?

Entrevistado: *O que fez diminuir a intensidade da luz talvez fosse a corrente, que tenha diminuído...*

Ao acompanhar o raciocínio do sujeito, o pesquisador poderia então identificar situações que evidenciassem concepções prévias, conflitos cognitivos, elaboração de hipóteses, tomadas de consciência e, por conseguinte, a reconstrução de esquemas conceituais, que poderiam levá-lo a alcançar novos patamares de compreensão, possibilitando, então, o desenvolvimento da compreensão conceitual do fenômeno da resistência interna da pilha.

Como exemplo da identificação de uma concepção prévia sobre o fenômeno em questão, cita-se o seguinte diálogo:

Pesquisador: O que aconteceu?

Entrevistado: *O brilho da lâmpada diminuiu.*

Pesquisador: Por que o brilho da lâmpada diminuiu?

Entrevistado: *Eu acho que... O chuveiro é um grande consumidor de energia elétrica, daí se ele precisa puxar muito mais corrente elétrica e acaba puxando um pouco dos outros equipamentos.*

No que diz respeito ao conflito cognitivo e ao uso do desenho para potencializar a contradição, apresenta-se como exemplo a seguinte passagem:

Pesquisador: Tu disseste que quando se coloca o resistor do chuveiro aqui, essa corrente que passava na lâmpada se divide, certo?

Entrevistado: *Sim.*

Pesquisador: Mas aqui no desenho tu me mostrou que ela não se dividiu, certo?

Entrevistado: *Sim.*

Pesquisador: Mas se ela não se dividiu, como é que a lâmpada diminuiu o brilho?

Entrevistado: ...[pausa]... *Agora eu também me perdi.*

E então o sujeito se propôs a montar o circuito novamente.

Na transcrição a seguir, pode-se ver um exemplo de como a entrevista auxiliou na elaboração de hipóteses para tentar solucionar o problema e no teste delas pelo próprio entrevistado: “O que tu irias medir ali? *Queria ver se tem alguma resistência... Se perdeu alguma tensão no caminho até chegar lá...*”.

Da mesma forma, essa técnica também facilitou a identificação de tomadas de consciência com a consequente construção de novos esquemas conceituais, como se pode constatar nos seguintes trechos de uma entrevista:

Pesquisador: Então por que a lâmpada diminui o brilho?

Entrevistado: *Talvez porque a fonte não forneça esses 750mA, [...]*

Pesquisador: Tu terias alguma forma de provar isso?

Entrevistado: *Talvez se medisse a tensão...*

Pesquisador: E qual valor tu achas que ia dar?

Entrevistado: *Ia dar a tensão da fonte.*

Pesquisador: Tens certeza?

Entrevistado: *Não, porque é... Deixa eu medir antes para ver se vai ter diferença. [O sujeito mede a tensão na pilha sozinha, sem dispositivos ligados a ela] Tem 5,6V...*

[Então ele decide medir a tensão na pilha com a lâmpada e com a resistência do chuveiro ligadas] *Tem 4,46V* [esse novo observável possibilita então a tomada de consciência da resistência interna da pilha]. *Ah, isso teria que representar mais uma parte do circuito... seria uma resistência dentro... na fonte tem uma resistência...*

Outra alteração feita nessa oitava versão foi a de solicitar que os sujeitos antecipassem os resultados que se poderia obter a cada nova execução, etapa ou variação do experimento. Com isso, antes de qualquer coisa, pretendia-se que o sujeito direcionasse seu raciocínio para a busca de explicações, acessando seus esquemas conceituais. Somente depois de fazer suas reflexões, inferências e antecipações é que o sujeito deveria atuar no experimento para verificar os resultados obtidos e constatar os observáveis, confrontando-os com os seus pontos de vista, suas concepções prévias e seus esquemas conceituais.

Por fim, pode-se constatar que a entrevista ficou mais interativa e prospectiva e menos diretiva a partir, principalmente, da inclusão da etapa 8, a qual consideramos como um marco decisivo no processo de construção desse instrumento de coleta de dados.

Nesse contexto elaborou-se a nona versão da entrevista, na qual se retirou a primeira etapa (medição da tensão nas duas lâmpadas) e a quarta etapa (colocação das duas lâmpadas em série e paralelo), mantendo-se todas as outras que faziam parte da oitava versão, e, incluindo-se ainda mais duas novas etapas. A décima segunda etapa, que passou a ser utilizada no início da entrevista, em substituição à primeira etapa, consistia em se questionar o sujeito sobre a possibilidade de simular o fenômeno da redução do brilho da lâmpada utilizando alguns dos componentes elétricos colocados à sua disposição. Para tal procedimento foram disponibilizados, entre diferentes componentes elétricos, um resistor de 12Ω por 5W para simular o resistor do chuveiro, uma lâmpada de 6V e 250mA para simular a lâmpada do banheiro, e, um conjunto de quatro pilhas pequenas de 1,5V ligadas em série, que totalizavam uma tensão de 6V, para simular a rede de energia elétrica. O fenômeno poderia, então, ser simulado conectando-se a lâmpada nas pilhas para que ela pudesse ficar acessa e, depois, ligando-se o resistor em paralelo com a lâmpada, de modo que essa ação produzisse uma redução no brilho da lâmpada.

Com o objetivo de verificar a estabilidade da resposta do sujeito e a consolidação do seu esquema conceitual da resistência interna da pilha, foi incluída nessa nona versão a décima terceira etapa que consistia em uma pergunta sobre o que iria acontecer se as pilhas pequenas fossem substituídas por pilhas maiores. Assim, se o sujeito realmente houvesse compreendido o fenômeno, sua resposta deveria indicar a existência da resistência interna também nas pilhas grandes, e, ainda, poderia ir mais além, afirmando que a resistência destas pilhas é menor visto que sua capacidade de corrente é maior.

Na décima versão, sentiu-se a necessidade de rever a organização e a sistematização dos procedimentos. Primeiro, foi incluída, no início da entrevista, a décima quarta etapa, que consistia em um momento informativo, quando foram retomadas as questões éticas

e metodológicas sobre: o objetivo da entrevista, que era o de se obter dados gerais e não o de se avaliar o sujeito ou de se promover a aprendizagem; a ausência da relação professor-aluno; a posição do entrevistador como se fosse alguém que não estava entendendo o que acontecia naquela situação e que estaria então provocando o entrevistado para que este lhe explicasse detalhada e cientificamente as razões da ocorrência daquele fenômeno; a garantia da confidencialidade e da preservação do sigilo da identidade; a prerrogativa de o sujeito poder desistir ou se ausentar da pesquisa a qualquer tempo, sem necessitar de justificativa e sem prejuízo de qualquer espécie.

Do ponto de vista operacional, foram reforçados alguns cuidados com os procedimentos, tais como: questionar mais as contradições de modo a facilitar a identificação de sua gênese; utilizar contra-argumentações quando os sujeitos não respondiam para evitar situações em que se ficasse sem saída; questionar, em todas as situações, o motivo que levava os sujeitos a dar tal ou qual resposta; fazer perguntas com o cuidado de não propor respostas ou indicar possíveis caminhos ou soluções.

Por fim, elaborou-se a décima primeira versão, na qual foi inserida a décima quinta etapa que consistia em um problema escrito, alternativo para aqueles sujeitos que não conseguiam elaborar a explicação para o fenômeno. Esse problema solicitava que se explicasse como calcular as tensões e as correntes em um circuito semelhante ao que modelava o fenômeno, inclusive com os mesmos valores, mas sem que essa semelhança fosse informada. Assim, era esperado que o sujeito identificasse a analogia entre o problema escrito e a situação experimental pilha-lâmpada-chuveiro e, então, viesse a elaborar a hipótese da existência de uma resistência interna na pilha.

Outra alteração nessa versão foi introduzida pela décima sexta etapa na qual era solicitado ao sujeito que avaliasse a entrevista e o seu desempenho, explicando porque não encontrou a solução ou como fez para chegar à resposta. Além disso, solicitava-se que o sujeito relatasse se lembrava ter estudado essa teoria em aula e descrevesse como se organizava para estudar em casa. Tais solicitações foram inseridas com o objetivo de se obter informações que, eventualmente, pudessem complementar ou elucidar alguma questão ou, ainda, produzir novas reflexões.

Em cada uma das versões foram entrevistados, em média, cinco sujeitos para se verificar o potencial do instrumento para a aquisição de dados que pudessem contribuir com o objetivo da pesquisa, qual seja: investigar o processo de construção do conhecimento dos estudantes sobre o tema Circuitos Elétricos Lineares. Para tanto, foi necessário elaborar algumas questões que abordassem certos aspectos desse processo, em especial, aqueles que se referem às atitudes, ações e operações mentais dos sujeitos, visto que evidenciam e explicitam seu modo de pensar. Piaget define *ação* como toda a conduta observável que “visa a um objetivo do ponto de vista do sujeito considerado” (Battro, 1978, p. 18). *Operação* seria, para ele, “uma ação interiorizada e tornada reversível por sua coordenação com outras ações interiorizadas em uma estrutura de conjunto que comporta certas leis de totalidade” (Battro, 1978, p. 173).

Assim, elaboraram-se questões para verificar o alcance de três objetivos: constatar características observáveis nos sujeitos; identificar características individuais quando da construção do conhecimento; e, apurar características de uma psicogênese.

As questões que visavam constatar características observáveis nos sujeitos eram: i) como o sujeito age (atitude passiva, desencadeada ou espontânea) ao buscar explicações para o fenômeno?; ii) como o sujeito estrutura seu raciocínio para explicar o fenômeno?; iii) como o sujeito explica a relação entre suas ações e os resultados?; iv) que conhecimento anterior surge?; v) que conhecimento parece faltar ou ainda não estar consolidado?

As questões que visavam identificar características individuais quando da construção do conhecimento foram: i) como o sujeito explica a relação entre suas operações e os resultados?; ii) em quais momentos da entrevista é possível constatar tomadas de consciência?; iii) como verificar os tipos de relação (entre as partes, entre as partes e o todo, sobre as totalidades) que o sujeito estabelece?; iv) como averiguar a formação de hipóteses?; v) como identificar o tipo de observáveis constatados (objetos, ações ou operações)?; vi) qual o percurso que o sujeito fez?; vii) como o sujeito tomou consciência da relação entre tensão e corrente na pilha, que é explicada pelo modelo teórico da resistência interna da pilha?

As questões que visavam apurar características de uma psicogênese foram: i) quais as novidades que o sujeito apresenta em relação ao que se esperava?; ii) quais as características comuns a todos os sujeitos nessa trajetória?; iii) o que cada sujeito apresenta de particular em relação aos demais, ou o que diferencia um sujeito do outro nesse percurso?; iv) como se pode identificar a construção do conhecimento ou da compreensão sobre o fenômeno da redução do brilho da lâmpada no momento em que um chuveiro elétrico é ligado na mesma rede de energia elétrica?

Após essa exaustiva verificação, foi considerado que a décima primeira versão da entrevista estaria em condições de trazer as respostas necessárias para chegar aos resultados pretendidos com a investigação e, então, o processo de elaboração do instrumento de coleta de dados foi encerrado e a coleta de dados definitiva foi iniciada.

Um processo importante, que aconteceu concomitantemente ao desenvolvimento do instrumento de coleta de dados, foi a elaboração de um roteiro orientador que visava organizar as entrevistas para que os questionamentos abordassem aspectos semelhantes em todas. Assim, durante as etapas iniciais da elaboração das entrevistas foi se aprimorando um roteiro de perguntas que resultou em 14 questões. Entretanto, ao usar esse roteiro nas entrevistas, foi constatada uma dificuldade devido à necessidade de ler as perguntas escritas, o que levou à elaboração de um fluxograma que apresentava os possíveis caminhos para o entrevistador seguir. No entanto, esse fluxograma também não se mostrou muito eficiente diante da diversidade das trajetórias e das explicações de cada sujeito, além da dificuldade de se prever todas as combinações possíveis.

Inspirado nos conceitos de mapa conceitual e de diagrama de blocos, foi decidido colocar cada uma das atividades do instrumento em um bloco e, depois, reunir em grupos

todos os blocos que tinham uma afinidade de função ou de objetivo. Esse desenho foi denominado de Diagrama de Blocos Parciais das Situações Experimentais (figura 1), o qual muito auxiliou na entrevista, facilitando a escolha do procedimento que melhor se adequasse a cada etapa.

Resumidamente, a versão final do instrumento de coleta de dados constituiu-se, inicialmente, de uma etapa informativa, na qual os procedimentos, as normas e os cuidados éticos eram explicados ao sujeito. Depois, o problema era apresentado de forma verbal, através de um evento do cotidiano: a redução do brilho da lâmpada no momento em que um chuveiro é ligado na mesma rede de energia elétrica. Os sujeitos eram então questionados sobre as razões para o brilho da lâmpada reduzir e sobre a possibilidade de simular o fenômeno através de um experimento de laboratório.

A seguir foram feitas as contra-argumentações. Caso os sujeitos tivessem apresentado esclarecimentos, o objetivo era testar a consistência de suas respostas. Caso os sujeitos não tivessem apresentado explicações, os contra-argumentos tinham por objetivo fornecer hipóteses e perspectivas de solução para possibilitar que o sujeito pensasse sobre o problema. Com os mesmos objetivos também poderiam ser apresentados problemas teóricos, envolvendo situações análogas, porém não iguais.

As etapas seguintes continham outras atividades relacionadas com esse fenômeno, nas quais era solicitado que os sujeitos fizessem previsões e apresentassem explicações. As proposições que vinham na sequência tinham a intenção de testar os argumentos dos sujeitos a partir de questionamentos e contra-argumentações, colocando os pontos de vista dos sujeitos em conflito para que se pudesse verificar a consolidação dos seus esquemas conceituais.

Para comprovar suas alegações, era solicitado ao sujeito que fizesse um desenho explicativo, que utilizasse a fonte regulada para simular o efeito da resistência interna da pilha; que explicasse o que aconteceria se fossem utilizadas pilhas maiores (com maior capacidade de corrente e, conseqüentemente, com menor resistência interna); e que calculasse a resistência interna da pilha. Todas essas atividades buscavam verificar a consolidação dos esquemas conceituais e a hierarquia de pensamento evidenciada e, assim, mapear a construção do conhecimento sobre o tema proposto.

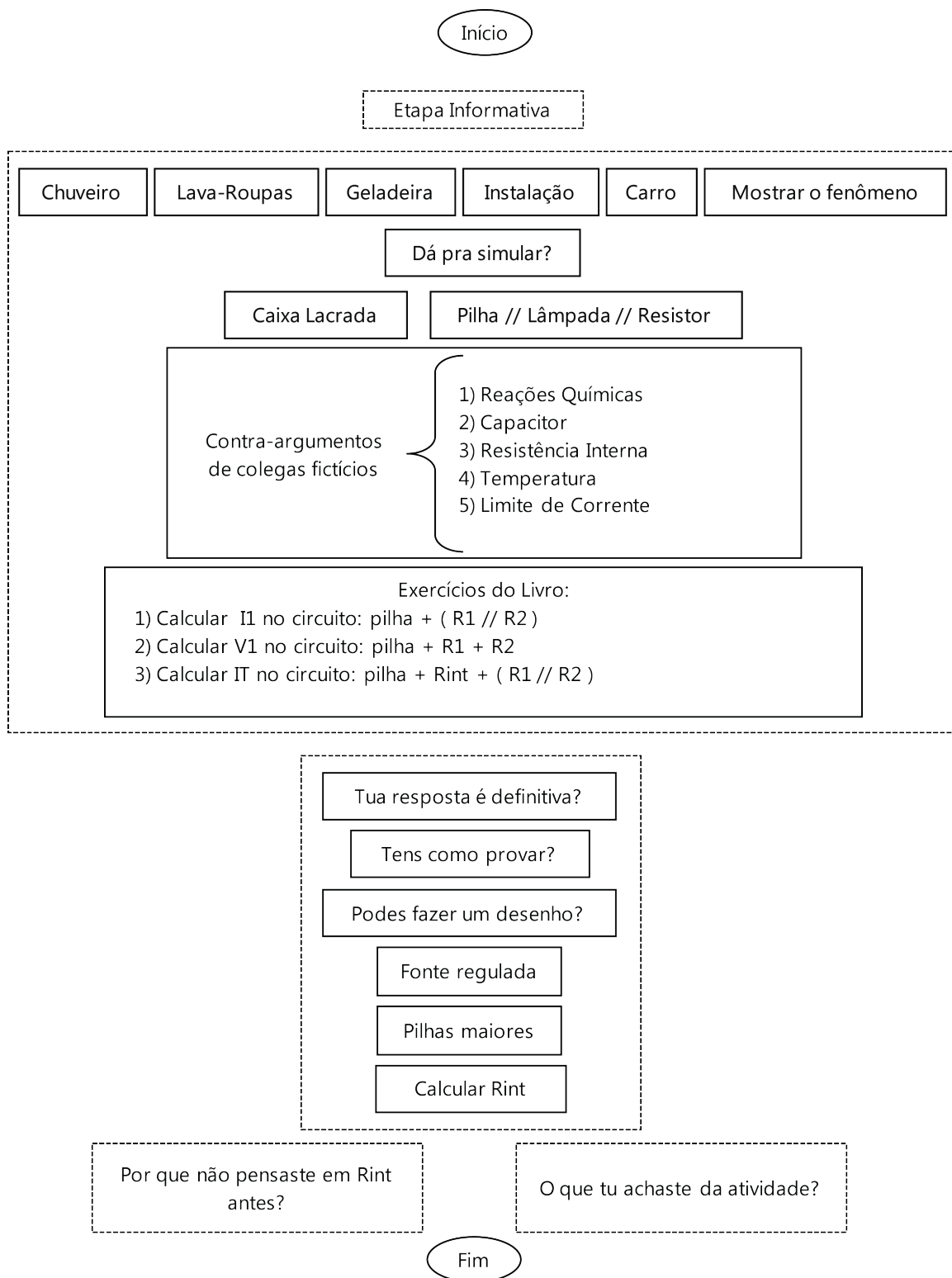


Figura 1. Diagrama de Blocos Parciais das Situações Experimentais

O protótipo do experimento utilizado é apresentado nas figuras 2, 3 e 4.

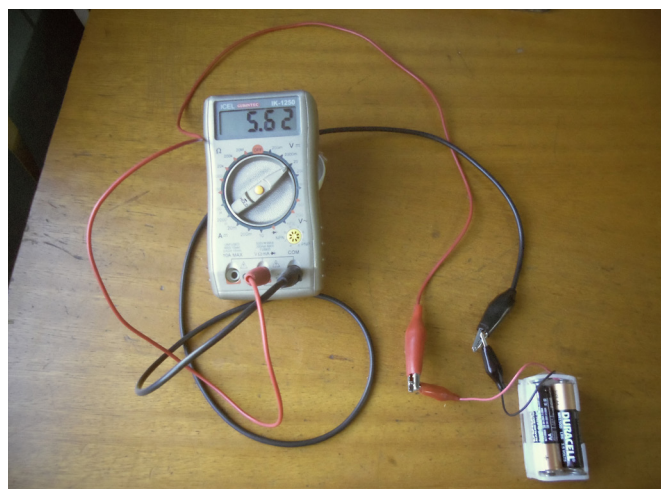


Figura 2. Versão final do experimento só com as pilhas

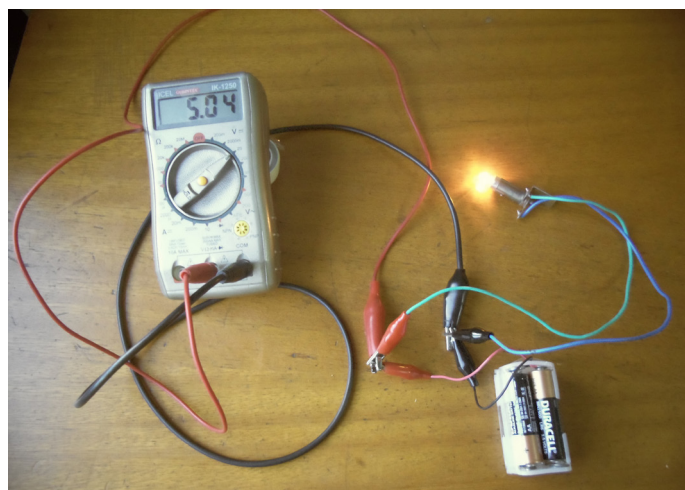


Figura 3. Versão final do experimento com pilhas e lâmpada



Figura 4. Versão final do experimento com pilhas, lâmpada e resistor do chuveiro

Por fim, ao encerrar a atividade era proposta uma autoreflexão, que consistia em questionar o sujeito sobre as razões de não ter apresentado a resposta logo de imediato, e em perguntar sua opinião sobre a entrevista e sobre a metodologia utilizada.

Resultados e reflexões sobre a utilização da metodologia

Um aspecto importante da utilização dessa articulação teórica e metodológica se refere ao desenvolvimento do processo de aprendizagem do próprio entrevistador, evidenciado em cada nova versão elaborada do instrumento de coleta de dados e na sua utilização em entrevistas. Essa metodologia possibilitou que o entrevistador fizesse reflexões sobre o seu próprio pensamento e que, então, tomasse consciência de transformações com superações no seu próprio processo de conceituação e compreensão, ao estabelecer relações entre os conceitos da Epistemologia Genética estudados e os dados observados através das situações experimentais e entrevistas com os estudantes sobre o tema da pesquisa.

Foi observado que o processo de tomada de consciência do entrevistador se iniciou a partir do momento em que ele teve que recorrer aos seus esquemas conceituais sobre a Teoria de Circuitos Elétricos Lineares e sobre a Epistemologia Genética para elaborar as hipóteses preliminares que serviram de referência para a construção da primeira versão do instrumento de coleta de dados. Na sequência, essa versão foi sendo submetida a testes empíricos, em que os sujeitos eram entrevistados e os observáveis constatados. Após esses testes, o entrevistador avaliou os resultados obtidos e o próprio instrumento com base, novamente, nos seus esquemas conceituais, fazendo os ajustes necessários para que o instrumento pudesse trazer informações mais alinhadas com os objetivos da pesquisa. Efetuadas as alterações, o instrumento foi submetido a novas entrevistas de teste e novos ajustes. Esse processo foi se repetindo a cada nova etapa em que o entrevistador constatava a necessidade de adequações ou melhorias na entrevista.

Foi verificado, ainda, que um outro processo se iniciava a cada momento em que o entrevistador constatava que os esquemas conceituais não suportavam a elaboração de novas situações experimentais que pudessem trazer resultados que contribuíssem para a pesquisa. Esse outro processo envolvia, em primeiro lugar, estudos sobre referenciais teóricos ainda não abordados no início da pesquisa e, em segundo lugar, tentativas de se estabelecer relações entre os novos observáveis identificados nesses estudos e possíveis situações experimentais que poderiam ser proporcionadas pelo instrumento. Em terceiro lugar, se ainda permanecesse o impasse ou dúvida, o instrumento era submetido à apreciação e considerações do grupo de pesquisa, da mesma forma como feito ao término da elaboração de cada nova versão.

Um exemplo em que foi identificado esse processo ocorreu quando o entrevistador se viu em um dilema sobre como poderia criar uma situação experimental que exigisse, por parte do entrevistado, a construção do conceito de resistência interna na fonte ou na rede de alimentação de energia, como uma forma de resolver determinado problema. Mesmo após diversas tentativas empíricas e acessos aos seus esquemas conceituais obtidos

a partir dos referenciais teóricos, a solução parecia não ser possível. Uma perspectiva de solução surgiu ao se recorrer a uma questão do ENEM divulgada pela imprensa, que solicitava que o candidato identificasse a relação entre as grandezas elétricas Tensão, Potência, Resistência, comprimento do fio e área da seção reta do fio em um chuveiro elétrico. Essa questão, que abordava uma situação cotidiana, desencadeou, por analogia, a lembrança de que a ligação de um chuveiro elétrico pode provocar uma redução na tensão da rede de alimentação de energia elétrica, e, em consequência, a diminuição no brilho de uma lâmpada, devido a fatores associados à resistência interna dessa rede de alimentação. Os autores defendem que esse foi um momento determinante para a investigação pois, a partir dessa tomada de consciência e da inclusão da situação cotidiana da redução do brilho da lâmpada quando o chuveiro é ligado na mesma rede de energia como uma referência para os questionamentos, a pesquisa tornou-se mais interativa e prospectiva. Além disso, o entrevistador assumiu um novo patamar de conhecimento e, consequentemente, uma posição também mais prospectiva na entrevista.

Em suma, o que foi identificado durante a elaboração do instrumento de coleta de dados é o desencadear de processos mentais de questionamentos, buscas, reflexões e de organização do pensamento por meio de um delicado movimento de descentração intelectual, que procurava articular os observáveis constatados nas entrevistas com os conceitos do arcabouço teórico. Essa descentração se assemelha àquela apresentada por Piaget (1977, p. 198).

O referido autor considera que o pensamento sobre uma ação material produz uma interiorização desta. Assim, o pensamento do sujeito irá se deslocar para uma região limítrofe entre os seus esquemas conceituais e a própria ação sobre o objeto material. Com base nesse movimento, Piaget defende que o conhecimento não procede nem do sujeito, nem do objeto, mas da interação entre os dois. Ainda nesse trecho, o autor continua afirmando que o sujeito reage em relação ao objeto em conformidade com um objetivo e, assim, apreende o resultado assimilando o objeto a um esquema.

Portanto, os autores defendem que o processo de autorreflexão do entrevistador teve o suporte de movimentos contínuos de interiorização e de exteriorização – e, por assim dizer, de descentração – do seu pensamento. Nesse sentido, é possível estabelecer uma correspondência entre esse processo do pesquisador e aquele descrito por Piaget (1977), desde que se considere a reflexão sobre as próprias ações e operações de pensamento do sujeito e os observáveis da entrevista como o objeto. Desse modo, os autores preconizam que é possível reconhecer uma aprendizagem por parte do entrevistador, de forma análoga àquela apresentada pelos sujeitos entrevistados na pesquisa.

O processo de desenvolvimento do instrumento de coleta de dados, ao articular situações experimentais com elementos do referencial teórico, tanto no que diz respeito aos conceitos da Epistemologia Genética e do Método Clínico como no que se refere à Teoria de Circuitos Elétricos Lineares, traz importantes contribuições para novas pesquisas e para o trabalho docente.

A forma como foram apresentados os questionamentos, as contra-argumentações

e a situação do chuveiro na entrevista possibilitou que fossem encontradas estruturas de pensamento e concepções em diversos patamares de evolução, desde aquelas ainda muito incipientes, evidenciadas por explicações bastante rudimentares e deformadas em relação aos conceitos científicos, tal como a que justifica que *“diminuiu o brilho porque a corrente vai dividir entre a lâmpada e o chuveiro”* até estruturas de pensamento e concepções mais desenvolvidas, as quais apresentam respostas mais bem elaboradas tal como a que explica que *“a variação na iluminação se deve à variação da tensão da fonte e não à variação da corrente como eu disse anteriormente. Só que, com a variação da tensão da fonte a corrente vai variar também...”*.

A descrição do processo de desenvolvimento desse instrumento de coleta de dados - com os exemplos de respostas por intermédio dela obtidos e apresentados neste artigo - permite recomendar a sua utilização pelos docentes como uma referência para a elaboração de atividades, experimentos e avaliações no estudo do tema da pesquisa que visem o aprendizado em sala de aula. Essa sugestão se sustenta no fato de que foram identificadas aprendizagens implícitas nas mudanças constatadas nas respostas ao longo de cada entrevista. Esta constatação está de acordo com Bovet, Inhelder e Sinclair (1977, p. 257), que defendem que, “é possível, por meio de exercícios [e questões] adequados, diminuir os intervalos que separam normalmente os degraus sucessivos do desenvolvimento das noções estudadas”.

De modo geral, exercícios, atividades práticas e experimentos de laboratório são amplamente utilizados como instrumentos didáticos, principalmente em cursos que têm por objetivo formar profissionais para a execução de tarefas específicas, tais como nos cursos técnicos em Eletrônica e Engenharia Elétrica, objeto da investigação.

Levando isso em conta, foi possível constatar que a pesquisa aponta alternativas para ações pedagógicas possíveis para favorecer o desenvolvimento das conceituações pesquisadas e um caminho teórico metodológico para a pesquisa sobre aprendizagem de outras conceituações de interesse para o ensino técnico e tecnológico. Considera-se necessário ressaltar que esse texto não tem por intenção prescrever metodologias, técnicas de ensino ou roteiros específicos. Defende-se que a imposição de modelos ou métodos de ação didática muito rígidos e engessados desconsidera as posições epistemológicas dos docentes e ou as suas concepções de origem empírica já há muito arraigadas, sem necessariamente afetá-las pela reflexão e pela necessidade de coordenação com uma nova perspectiva. Assim sendo, a novidade poderia produzir reações de rejeição ou assimilações deformadas contrárias à ideia de construção do conhecimento defendida neste artigo. O objetivo da explicação da metodologia de pesquisa é estimular a investigação da própria prática pelos professores, contemplando questões específicas dos temas com que trabalham, sejam como conteúdos, sejam como etapas da conceituação.

A posição extraída da pesquisa apresentada neste artigo é a de que o planejamento das atividades possa ser feito em correspondência com o tipo de conhecimento a ser estudado, com o patamar de aprendizagem de cada estudante e com o contexto de aprendizagem, utilizando como fundamentação epistemológica o referencial

construtivista e, ainda, considerando que o resultado desse planejamento deve ser constantemente subordinado a validações empíricas. Essa posição está de acordo com Macedo (2010, p. 53), quando relata que é difícil “determinar todas as circunstâncias de uma ação didática”, e ainda adverte sobre o “caráter único da prática docente” e sobre a “qualidade e riqueza” da relação entre professor e aluno (Macedo, 2010, p. 55).

Considera-se também importante lembrar que os resultados obtidos com exercícios, experimentos de laboratório, sondagens e avaliações, usados frequentemente como referências para as ações didáticas, são apenas informações iniciais sobre os conhecimentos dos sujeitos, colhidas em um instante específico. Tais informações estão condicionadas a diversos fatores como a limitação dos recursos, o enfoque da atividade, a predisposição do estudante, o tipo de conhecimento, a forma e o contexto em que a atividade foi executada, dentre outros. Por isso defende-se a importância de integrar objetivos, processos e conhecimentos sobre a aprendizagem de conhecimentos específicos numa investigação desenvolvida pelo próprio professor.

Deve-se ainda destacar que a busca de respostas aos questionamentos apresentados com base no Método Clínico exige um ato de descentração do sujeito, que é endógeno. Portanto, não se pode garantir que o uso desse método poderá desencadear a descentração e a conseqüente promoção da compreensão do fenômeno, ainda que se consiga mostrar outros pontos de vista aos sujeitos, como relatado anteriormente. Deve-se levar em conta, na elaboração de atividades que visem o aprendizado, que esses processos se produzem de acordo com os interesses dos sujeitos, ocorrendo através de níveis hierárquicos e sequenciais, aos moldes de uma psicogênese da compreensão, tal como no fenômeno da redução do brilho da lâmpada utilizado na pesquisa apresentada. Sugere-se, então, que a elaboração dessas atividades leve em conta os interesses dos estudantes e que elas se iniciem a partir do patamar de compreensão em que eles se encontram no momento, evoluindo, na seqüência, para níveis superiores, em que o pensamento se apresenta mais complexo.

Os resultados obtidos em investigações inspiradas pelo Método Clínico não devem ser considerados em um sentido absoluto, mas tomados como ponto de partida para novas investigações com abordagem interativa e prospectiva, visando promover a aproximação do estudante em relação ao objeto de estudo e instigá-lo a construir novos conhecimentos mediante a busca de respostas a situações-problema.

Esta constatação está de acordo com a proposta de Delval (2010, p. 127) de que se faz necessário situar o estudante “diante dos problemas e incitá-lo a buscar por si mesmo”, visto que os estudantes “avançam quando lhes apresentamos problemas intrigantes e lhes ajudamos a encontrar explicações” (Delval, 2010, p. 128). Nessa mesma linha, pode-se lembrar de Piaget (1998, p. 180) defendendo ser desejável que o próprio estudante se torne “um experimentador ativo que procura e acha as soluções, por meio de inúmeras tentativas talvez, mas por seus próprios meios intelectuais”. Pode-se incluir também a contribuição de Ballard e Hodgson-Drysdale (2011, p. 4), que apontam a importância de os estudantes compartilharem resultados através de explicações escritas, promovendo a

troca de argumentos e contra-argumentos e, assim, a descentração dos pontos de vista.

Para seguir o curso do desenvolvimento individual de cada aluno, a avaliação da aprendizagem deve mudar o seu foco, tradicionalmente dirigido para o resultado final. Considera-se necessário colocá-lo sobre os resultados parciais, os conflitos, as evidências e as tomadas de consciência. Essa mudança na avaliação da aprendizagem parece ser muito significativa, a ponto de requerer uma nova visão do professor sobre os processos de aprendizagem, a qual deve levar em conta os pontos de vista dos estudantes, seus conhecimentos iniciais, seus interesses, seus percursos de aprendizagem e suas dificuldades, entre outros.

Para tanto, acredita-se que a compreensão do funcionamento dos mecanismos da construção de conhecimento pelos professores possa ser constituída a partir de um processo de formação psicopedagógica. É claro que não se está desconsiderando as dificuldades para a concretização de uma concepção de ensino mais centrada na aprendizagem dos estudantes, mas acredita-se que, a partir do que foi relatado, todos os envolvidos com a aprendizagem, quer sejam pesquisadores, professores ou estudantes, possam ser protagonistas ativos do seu próprio aprendizado e do desenvolvimento da sua compreensão.

Referências

- Ballard, E., & Hodgson-Drysdale, T. (2011). Explaining electrical circuits. *Science and Children*, 48(8), 37–41.
- Battro, A. M. (1978). *Dicionário terminológico de Jean Piaget*. São Paulo: Pioneira.
- Bovet, M., Inhelder, B., & Sinclair, H. (1977). *Aprendizagem e estruturas do conhecimento*. São Paulo: Saraiva.
- Delval, J. (2002). *Introdução à prática do método clínico: Descobrendo o pensamento das crianças*. Porto Alegre: Artmed.
- Delval, J. (2010). Aprender investigando. In F. Becker, T. Marques, & B. Iwasko (Orgs.), *Ser professor é ser pesquisador* (pp. 115–128). Porto Alegre, RS: Mediação.
- Garcia, R., & Piaget, J. (1987). *Psicogênese e História das Ciências*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Globo Comunicação e Participações S.A. (s/d) *Educação. Enem 2013: questão 75*. Recuperado de <http://educacao.globo.com/provas/enem-2013/questoes/75.html>.
- Gouveia, A. A. (2007). *Dificuldades de aprendizagem conceitual em circuitos elétricos reveladas por meio de desenhos* (Dissertação de Mestrado em Educação, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina), Londrina.
- Macedo, L. (2010). *Ensaio construtivistas*. 6. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo.

Piaget, J. (1926). *A representação do mundo na criança*. Rio de Janeiro: Distribuidora Record de Serviços de Imprensa.

Piaget, J. (1975). A Teoria de Piaget. In L. Carmichael, *Manual de Psicologia da Criança: Vol. 4. Desenvolvimento Cognitivo I*. São Paulo, SP: Editora da Universidade de São Paulo.

Piaget, J. (1977). *A Tomada de Consciência*. São Paulo: Melhoramentos.

Piaget, J. (1978). *Fazer e compreender*. São Paulo: Melhoramentos.

Piaget, J. (1990). *A formação do símbolo na criança*. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos.

Piaget, J. (1998). *Sobre a Pedagogia: Textos inéditos*. São Paulo: Casa do Psicólogo.

Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.

Fernando Bittencourt Freiesleben

 <https://orcid.org/0000-0001-9175-9597>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Programa de Pós-Graduação em Educação

Faculdade de Educação

Porto Alegre, Brasil

professor.fernandobf@gmail.com

Maria Luiza Rheingantz Becker

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Programa de Pós-Graduação em Educação

Faculdade de Educação

Porto Alegre, Brasil

beckermarialuiza@gmail.com

Liane Ludwig Loder

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Departamento de Engenharia Elétrica

Porto Alegre, Brasil

lianeludwig@ufrgs.br

Submetido em 23 de Março de 2017

Aceito em 19 de Novembro de 2017

Publicado em 20 de Dezembro de 2017