

O uso de mapas conceituais para avaliar a mudança conceitual de alunos do Ensino Médio sobre o tema corrente elétrica: Um estudo de caso



Leite, I. S.¹, Lourenço, A. B.², **Hernandes, A. C.**¹

¹ Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.

² Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.

E-mail: ilaiali.leite@usp.br, ariane@ifsc.usp.br, hernandes@ifsc.usp.br.

(Received 7 July 2011, accepted 28 September 2011)

Resumo

Os objetivos deste trabalho foram elaborar uma seqüência de ensino sobre o tema corrente elétrica e usar mapas conceituais (MCs) para avaliar a mudança de complexidade do aspecto cognitivo de quatro alunos do ensino médio de uma escola pública estadual, que participaram do programa de Pré-Iniciação Científica (PIC) da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo. Durante cinco meses, os estudantes realizaram atividades na universidade, como pesquisas do tema em fontes bibliográficas, elaboraram seminários sobre a temática, tiveram quinze aulas teóricas e cinco experimentais sobre eletricidade. A análise dos resultados revelou que os alunos, após as seqüências de ensino, foram capazes de construir proposições significativas baseadas nos conceitos abordados nas aulas e pelos mapas foi possível verificar uma mudança significativa dos alunos em relação ao tema corrente elétrica.

Palavras-chave: mapas conceituais, aprendizagem significativa, David Ausubel, corrente elétrica.

Abstract

The purposes of this work were to elaborate a teaching sequence on the theme “electric currents” and employ *concept maps* (CMs) to assess the variation in cognitive complexity of four students from a secondary public school, who participated in the Pre-Undergraduate Research Program (PIC – *Pré-Iniciação Científica*) of the University of São Paulo Research Pro-Rector. For the period of five months, these students took part in activities conducted at the college facilities, such as bibliographical research, elaboration of seminars on the theme and they also attended fifteen theoretical lectures and five experimental classes on electricity. Analysis of the results revealed that, following the teaching sequence, the students were able to formulate meaningful propositions based on the concepts approached in class and through the maps; it was possible to verify a significant improvement in the students’ knowledge of the theme “electric current”.

Keywords: concept maps, meaningful learning, David Ausubel, an electric current.

PACS: 01.40.-d, 01.40.Fk, 01.40.gb

ISSN 1870-9095

I. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho foi usar mapas conceituais (MCs) para avaliar a mudança de complexidade do aspecto cognitivo de alunos do ensino médio de uma escola pública, após terem participado de uma seqüência de ensino sobre o tema corrente elétrica. Compuseram este estudo quatro alunos da Escola Estadual Adolpho Thomas de Aquino, participantes do programa de Pré-Iniciação Científica (PIC) da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo (USP), realizado no Instituto de Física de São Carlos (IFSC).

Durante cinco meses os estudantes desenvolveram pesquisas sobre o tema em fontes bibliográficas, participaram de quinze aulas expositivas, elaboraram seminários sobre a temática e desenvolveram um experimento de circuito elétrico do tipo série e paralelo com lâmpadas de filamento. Espera-se que a presença da

eletricidade e dos circuitos elétricos no cotidiano, bem como seus efeitos, atue como elemento facilitador da aprendizagem de conceitos físicos.

O MC é uma ferramenta que permite analisar o aspecto cognitivo dos alunos e tem sido utilizada com estudantes do ensino fundamental, médio e superior [1, 2, 3, 4, 5, 6] utilizaram essa ferramenta para motivar alunos, de um curso de licenciatura em contabilidade, a relacionarem conceitos da unidade curricular e facilitar a construção do conhecimento. Rúa *et al.*, [7] usaram essa ferramenta para promover a aprendizagem significativa de estudantes de ciências da saúde sobre conhecimentos de biologia. Urria [8], por meio de MC obteve informações de como estudantes resolviam casos científicos de biologia quando submetidos ao método da Aprendizagem Baseada em Problema.

Harres *et al.*, [9] utilizaram MC para identificar relações existentes entre as concepções e práticas de futuras

professoras que participaram de um programa de formação, que tinha uma forte orientação para a reflexão da prática docente. Tovar-Gálvez [10] por meio do mapeamento conceitual evidenciou concepções e construções conceituais dos estudantes, promoveu auto-avaliação, autonomia e discussões entre pares, durante a elaboração de mapas individualmente e em grupos. Markow [11] utilizou MC antes e após aulas experimentais de química, e observou que o processo de mapeamento conceitual antes do laboratório focou os alunos aos conceitos principais do experimento. E que a elaboração do mapa após o laboratório deu a oportunidade aos alunos de se envolverem com a construção de significados das relações importantes entre os conceitos envolvidos, podendo assim ser usados em aulas de laboratórios.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É comum que alunos de diferentes níveis escolares ao invés de aprenderem os conceitos de uma maneira significativa os memorizem, o que ocorre, em geral, por duas razões: o aluno não possui consciência de que existe uma alternativa para a aprendizagem por repetição mecânica e os conceitos ensinados geralmente são apresentados de modo a favorecerem esse tipo de aprendizagem, fazendo com que os alunos memorizem mecanicamente definições sem relacionar os significados das palavras com as idéias que já possuem [3]. Uma ferramenta que pode ser eficaz para auxiliar na mudança desse quadro é o Mapa Conceitual (MC), pois possibilita construir e relacionar conceitos entre si, compartilhar significados e representar o conhecimento de uma forma hierarquizada, o que pode ser mais eficaz e dinâmico para entendê-lo, fornecendo uma maior possibilidade de interpretação para sua compreensão e configuração [12, 3].

O MC foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa do professor Novak em 1972 quando estudavam as mudanças no entendimento de conceitos de ciência básica em alunos com 12 anos de escolarização [2]. Durante a investigação os pesquisadores entrevistaram muitos alunos e encontraram dificuldade para representar a compreensão conceitual. Assim os pesquisadores centraram sua atenção para três fatores chave da teoria de David Ausubel [13]:

1) A aprendizagem significativa implica a assimilação de novos conceitos e proposições na estrutura cognitiva já existente, resultando em modificações.

2) O conhecimento organiza-se hierarquicamente na estrutura do indivíduo, e na medida em que se aprendem novos conceitos, eles são organizados na estrutura hierárquica já existente

3) O conhecimento adquirido por aprendizagem mecânica não é assimilado na estrutura cognitiva, nem modifica as estruturas de proposições já existentes.

Ao reconsiderar o significado dessas idéias Novak e sua equipe ensaiaram diversos esquemas, a fim de representar as estruturas de conhecimento apresentadas nas entrevistas, até chegarem ao MC [14, 15], o qual permite organizar e representar conhecimento a partir de relações entre os

conceitos. O MC é formado por três elementos básicos: conceitos, proposições e palavras ou frases de ligação. Os conceitos se constroem por meio da reconstrução racional dos dados conhecidos pelo indivíduo, que são entrelaçados, organizados e sintetizados nesse todo organizado que é o conceito [12]. Esses são relacionados entre si por frase simplificada ou palavras, formando a proposição (unidade semântica ou de significado), que evidencia o significado da relação conceitual [15, 16].

Na construção do mapa, à medida que uma nova informação se relaciona com um conceito principal as novas idéias, conceitos e proposições adquirem seu próprio significado e são integradas novamente na estrutura cognitiva, funcionando como uma espécie de andaime, ajudando a organizar o conhecimento e a estruturá-lo, conseqüentemente facilitando a aprendizagem significativa. Os conceitos são representados de forma hierárquica, na qual os mais gerais ficam na parte superior e os mais específicos dispostos hierarquicamente abaixo [15, 17]. Podem se alterar em diferentes etapas da aprendizagem, ou seja, qualquer conceito pode elevar-se à posição superior e continuar mantendo uma relação proposicional significativa com os demais conceitos, sendo o tipo de relação determinada pela estrutura cognitiva de cada indivíduo. Outra característica importante dos mapas são as relações cruzadas entre is conceitos de diferentes segmentos ou domínio de conhecimento. Esse tipo de relação possibilita ter um panorama de como um conceito está relacionado a outro domínio do mapa, e sua elaboração pode representar saltos criativos no indivíduo [15]. O aspecto final da estrutura do MC é a inclusão de exemplos dos conceitos os quais ajudam a elucidar o assunto estudado.

O mapeamento conceitual, por ser uma técnica flexível, tem sido utilizado em uma variedade de situações [18] em pré e pós-teste para avaliar a obtenção de informações acerca do processo de aprendizagem dos alunos, leituras, discussões em sala de aula, trabalhos colaborativos, comparar e confrontar pontos de vista, apresentação oral, integração com outros estudos, para externalizar e obter o conhecimento conceitual dos alunos, após terem estudado uma unidade de ensino ou capítulo, auxiliá-los a refletir sobre a estrutura e o processo de produção do conhecimento e a perceber que há algumas relações que não entendem, ocorrendo uma metacognição, sugerindo a necessidade de uma aprendizagem [2, 8, 15, 19, 20].

III. METODOLOGIA

O estudo foi realizado com quatro alunos da Escola Estadual Adolpho Thomas de Aquino da cidade de Motuca (que dista aproximadamente 80km da cidade de São Carlos), que participaram do programa de Pré-Iniciação Científica (PIC) da Pró-Reitoria de Pesquisa da USP, no grupo de pesquisa Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos, do Instituto de Física de São Carlos. Os alunos (doravante denominados Rf, Kl, Mr e Lz) estiveram uma vez por semana (maio a dezembro de 2009) na USP para desenvolver suas atividades de PIC, dentre as quais tiveram

quinze aulas expositivas teóricas e de exercícios e desenvolveram seminários sobre corrente elétrica. Em função do horário escolar (período vespertino), os alunos geralmente permaneciam na universidade duas horas e meia no período da manhã.

Durante o estudo, MCs foram usados para identificar o conhecimento prévio dos alunos, verificar como o conteúdo ensinado foi assimilado e para facilitar a aprendizagem, uma vez que esta ferramenta ajuda a estruturar e organizar o conhecimento na estrutura cognitiva. Como os alunos nunca haviam trabalhado com MC, fez-se necessário realizar uma aula introdutória, a qual foi baseada no trabalho de Lourenço [1]. Nessa aula, cada elemento envolvido na criação de um mapa conceitual (conceito, proposição, palavras de ligação, relação cruzada e exemplos) foi cuidadosamente explicado e, ao final, pedido aos alunos que criassem um mapa sobre o tema “água”. Esse tema foi escolhido por ser familiar aos alunos, sobre o qual já possuíam uma quantidade significativa de conhecimento sem haver necessidade de maior instrução. Assim a criação do mapa pôde ser exercitada livremente, sem as dificuldades para estabelecer proposições que um tema sobre o qual não se possui domínio ocasiona [1]. Após seu término, foram discutidas as dificuldades e esclarecidas às dúvidas que surgiram durante o processo de confecção do mapa conceitual.

Após essa etapa os alunos elaboraram um MC sobre corrente elétrica para que fossem identificados seus conhecimentos prévios em relação ao tema. Essa identificação inicial é fundamental no processo de ensino, pois, de acordo com Ausubel, “... antes de tentar uma experimentação frutífera é necessário especificar e conceitualizar aquelas propriedades da estrutura cognitiva que influenciam a nova aprendizagem e a retenção.” [13]. A análise desses mapas revelou que os alunos tinham poucos conceitos subsunçores para a aprendizagem do conceito corrente elétrica, sendo necessário, portanto, trabalhá-los. Assim, as aulas foram divididas em duas etapas (Tabela I), na primeira foram abordados conceitos relacionados à eletrostática, os quais serviram como subsunçores para o entendimento do tema corrente elétrica e, na segunda, trabalhou-se com esse último conteúdo e seus conceitos correlatos.

TABELA I. Conceitos abordados em sala de aula.

	Primeira Etapa	Segunda Etapa
Conceitos	Átomo	Corrente Elétrica
	Elétron	Intensidade da Corrente Elétrica
	Carga Elétrica	Resistores
	Eletização de Corpos	Circuitos Elétricos
	Força Elétrica	Lei de Ohm
	Campo Elétrico	Geradores Elétricos
	Energia Potencial	Receptores Elétricos
	Elétrica Potencial	Energia Elétrica
	Elétrico	Potência Elétrica
	Diferença de Potencial	Efeito Joule
	Equilíbrio Eletrostático	Aparelhos de Medida

As aulas teóricas foram realizadas seguindo o princípio da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, em que as diferenças e semelhanças entre os novos conceitos e os subsunçores foram destacadas e os conceitos apresentados do mais geral ao específico de acordo com o domínio estudado. As aulas experimentais, realizadas no Laboratório de Ensino do IFSC, eram sempre iniciadas com uma revisão (sobre os tópicos já abordados em aulas anteriores), na qual os alunos expunham e discutiam entre eles o que recordavam da teoria e, depois, realizavam em duplas as atividades planejadas descritas na Tabela II. As discussões durante os experimentos foram conduzidas de forma que os próprios alunos, com a orientação dos pesquisadores, chegassem às conclusões pretendidas pelos experimentos.

Os seminários, os quais os alunos elaboraram concomitantemente com as aulas teóricas e experimentais, versavam sobre as temáticas "Circuitos elétricos" e "O funcionamento de um chuveiro elétrico" e foram realizados em duplas, ficando os alunos Lz e Kl responsáveis pelo primeiro tema e Mr e Rf pelo segundo. No processo de elaboração dos seminários os alunos os apresentaram aos pesquisadores, que levantavam discussões e sugestões para modificações.

Para a análise da evolução conceitual dos alunos, serão apresentados os resultados dos três mapas sobre corrente elétrica elaborados: mapa 1 confeccionado antes da sequência de ensino e usado na identificação do conhecimento prévio dos alunos, mapa 2 elaborado após as aulas teóricas e mapa 3 confeccionado ao final do projeto. Os pesquisadores utilizaram o programa Cmap Tools para transcrever os mapas originais dos alunos, para facilitar a visualização das proposições, que foram analisados considerando a presença ou não da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos, do total de conceitos apresentados, de proposições válidas e inválidas, de relações cruzadas e de exemplos. Para facilitar a visualização dos conceitos e proposições estabelecidas pelos alunos, elas serão transcritas dos MC com os conceitos colocados em *itálico* e as palavras de ligação entre dois traços, como se segue:

Conceito – palavra de ligação – *conceito*

IV. RESULTADOS

A. Análise geral dos mapas iniciais (mapa 1): identificação dos conhecimentos prévios

A identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre corrente elétrica revelou um baixo número de conceitos e proposições (Tabela III). As relações formadas estavam relacionadas à importância da eletricidade na vida do homem, como no seu uso em eletrodomésticos, sua necessidade para fornecer energia para casas e sua distribuição por fios. Tais proposições foram baseadas no senso comum, uma vez que o assunto nunca fora estudado na escola, restando somente o conhecimento adquirido no cotidiano. O maior número de conceitos apresentados (7

conceitos) não se aproxima do número ideal, pois, de acordo com a literatura [15], um número ideal de conceitos presentes em um mapa para representar um campo de estudo é de 15 a 25, os quais devem estar diferenciados progressivamente e serem analisados em conjunto com a validade e qualidade das proposições.

TABELA II. Atividades experimentais realizadas com os alunos.

	Assunto
Aula 1	Apresentação dos materiais a serem utilizados: multímetro, resistores, fios, fonte e protoboard. Abordagem do conceito "resistência equivalente": - Medição dos valores dos resistores isolados com ohmímetro. - Medição dos valores de diferentes associações de resistores. - Comparação dos valores coletados e dos encontrados através de cálculos.
Aula 2	Lei de Ohm: - Medição de diferentes valores de corrente e de diferença de potencial de um único circuito. - Construção de um gráfico $U \times i$.
Aula 3	Associações em série, paralelo e mista: - Medição de diferentes valores de corrente e de diferença de potencial em diferentes partes de um circuito mais complexo. - Comparação com os valores encontrados através de cálculos.
Aula 4	Apresentação de dois potenciômetros e do Variac, familiarização com este último aparelho e realização de diversas medidas com o mesmo para determinar a tensão mínima para a qual uma lâmpada de 12 V acende.
Aula 5	Abordagem do conceito "potência": diferentes associações de algumas lâmpadas de 12 V cada e verificação de seu brilho. Verificação de que a lâmpada não é um resistor ôhmico: - Medição de diferentes valores de corrente e de diferença de potencial para circuito de uma lâmpada. - Construção de um gráfico de $U \times i$.

TABELA III. Análise do mapa conceitual inicial (mapa 1) sobre corrente elétrica.

	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4
Total de Conceitos	3	4	7	6
Proposições Válidas	1	2	5	5
Proposições Inválidas	1	1	1	2
Relações Cruzadas Válidas	0	0	0	0
Exemplos	0	1	2	0

Os erros cometidos nas proposições dos mapas 1 são de duas naturezas: falha conceitual na relação estabelecida e escolha de palavras de ligação inapropriadas, resultando numa proposição inválida e muitas vezes sem sentido. Tal fato é ilustrado na Fig. 1, na qual o aluno apresenta *isolante* - que tem - *condutor* e *corrente elétrica* - não absorve - *isolante*, e na Fig. 2, onde o aluno afirma que materiais isolantes não permitem a circulação de corrente elétrica. Essa associação é decorrente da palavra "isolante" remeter à idéia que não há nenhum tipo de condução.

A análise dos dados da identificação dos conhecimentos prévios revelou que os alunos não possuíam conceitos subsunçores necessários para o entendimento do conceito corrente elétrica, sendo necessário ministrar aulas sobre eletrostática para criar nos alunos uma base conceitual que favorecesse a aprendizagem.

B. Análise dos mapas posteriores a sequência de ensino

B.1 Mapas elaborados pelo aluno Rf

Como pode ser observado na Tabela IV, o total de conceitos do mapa 2 (Fig. 3) em relação ao mapa 1 é elevado, totalizando vinte e três, sendo que desses, sete estão presentes no mapa de referência: *elétrons* e *movimento ordenado* (no mapa de referência, esses conceitos estão aglutinados num só, com o mesmo significado), *ddp*, *gerador de tensão*, *efeito joule*, *energia elétrica* e *energia térmica* (também aparecem aglutinados em um só conceito: *energia elétrica em energia térmica*), e nove conceitos são referentes ao conteúdo de eletrostática.

No total, catorze proposições válidas foram estabelecidas, as quais definem a corrente elétrica como movimento ordenado dos elétrons, a eletrostática como o estudo dos elétrons quando parados, o estabelecimento de uma diferença de potencial por um gerador de tensão, o efeito joule sendo a transformação de energia elétrica em térmica e apresentam os tipos de eletrização estudados. Este número é próximo ao de proposições inválidas (onze), as quais ocorreram devido à maneira como o aluno construiu o mapa, pois utilizou em vários momentos mais de uma proposição para estabelecer um significado lógico, como descrito abaixo:

elétrons - que com seu - *movimento ordenado*
movimento ordenado - surge a - *corrente elétrica*.

Nesse caso as proposições isoladas não representam uma idéia determinada, precisando ser aglutinadas para que o significado seja identificado. No entanto, percebe-se que as relações estabelecidas entre os conceitos deste mapa abordam de forma superficial tanto o conteúdo eletrodinâmico quanto o eletrostático, uma vez que apenas foram citados os três tipos de eletrização estudados e a existência de uma força elétrica e de um campo elétrico atuando sobre cargas positivas e negativas. Tratando-se de corrente elétrica, o aluno a descreve como composta por cargas negativas chamadas elétrons, afirma que a diferença de potencial é gerada através de um aparelho denominado gerador e inclui o efeito joule como um dos possíveis efeitos da corrente elétrica.

Já no mapa 3 (Fig. 4), o número do total de conceitos aumentou, sendo vinte e oito. O aluno reutiliza alguns conceitos do mapa anterior, como *cargas* (mencionando *cargas negativas* mas não *cargas positivas*), *elétrons*, *campo elétrico*, *indução*, *atrito*, *contato*, *força*, *campo elétrico*, *ddp*, *gerador de tensão*, *efeitos*, *efeito joule*, *energia elétrica* e *energia térmica*, dos quais os seis últimos são os mais importantes para o tema. Outros conceitos de igual importância foram incluídos: *circuitos*, *série*, *paralelo*, *voltímetro*, *pólo positivo*, *pólo negativo*, *aparelhos resistivos*, $P = U.i$ e *potência*.

O número de proposições válidas (quinze ao todo) permanece próximo ao número de proposições inválidas (treze), devido majoritariamente ao mesmo problema estrutural apresentado no mapa 2 (proposições construídas de maneira errada). Outro problema identificado foi a inclusão de conceitos eletrostáticos no tema eletrodinâmico, sem fazer distinção entre eles. Apesar do elevado número de proposições inválidas, o mapa 3 contém uma maior quantidade de informações sobre o tema, e nele foram estabelecidas relações significativas entre os conceitos abordados.

No mapa 3 o aluno caracterizou, com proposições válidas, a corrente elétrica como o movimento ordenado de elétrons, relação construída de maneira errada no mapa anterior, o conceito *circuitos elétricos* foi dividido em dois tipos, diferenciados com base nas associações existentes entre seus elementos (circuitos em série e em paralelo), e ao conceito de diferença de potencial foi atribuída a condição necessária para a existência de corrente elétrica. O Efeito Joule foi resgatado e através dele foram introduzidos os conceitos *aparelhos resistivos* (cujo funcionamento é embasado neste efeito da corrente elétrica) e *potência*, o qual também é definido matematicamente no mapa.

TABELA IV. Resultado da avaliação dos mapas do aluno Rf.

	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Total de Conceitos	3	23	28
Proposições Válidas	1	14	15
Proposições Inválidas	1	11	13
Relações Cruzadas Válidas	0	1	0
Exemplos	0	2	1

B.2 Mapas elaborados pelo aluno K1

Observa-se pela Tabela V que o número de conceitos do mapa 2 aumentou significativamente quando comparado com o mapa 1. Dos vinte e dois conceitos apresentados no mapa 2 (Fig. 5), nove estão presentes no mapa de referência (*resistores*, $R = \text{resistência elétrica}$, $U = \text{diferença de}$

potencial, *lei de Ohm*, $U = R.i$, *movimento ordenado de elétrons*, *amperímetros*, *efeito joule* e *energia elétrica* → *energia térmica*) e seis são referentes ao conteúdo eletrostático.

O número de proposições válidas é alto e elas estabelecem relações importantes e significativas dentro do tema, e abordam conceitos fundamentais para seu entendimento. No mapa o aluno define fisicamente o termo corrente elétrica como o movimento ordenado dos elétrons, equaciona sua intensidade, afirma que pode ser medida por um aparelho denominado amperímetro e que há necessidade de uma diferença de potencial para sua existência. Define a Lei de Ohm, a partir da qual introduz a resistência elétrica e caracteriza o efeito joule como a conversão de energia elétrica em térmica.

O número de proposições inválidas é baixo (cinco ao todo), sendo decorrentes da inclusão de conceitos eletrostáticos no tema eletrodinâmico, sem fazer distinção entre eles. Todas as proposições partem do mesmo conceito, *cargas negativas*, o qual caracteriza os elétrons. No entanto, como na eletrodinâmica os elétrons estão em movimento, passam a ter diferentes propriedades e conceitos como *força* e *campo elétrico* (que fazem parte da eletrostática) não podem ser relacionados a estes elétrons da maneira como foram neste mapa.

No mapa 3 (Fig. 6), o número de conceitos também é elevado e, dos vinte e quatro apresentados, metade está presente no mapa de referência: *Lei de Ohm*, $U=R.i$, *Efeito Joule*, $R = \text{Resistência elétrica}$, *resistores*, $U = \text{ddp}$, *geradores*, *circuitos elétricos*, *série*, *paralelo*, *energia elétrica* → *energia térmica* e *elétrons* (no mapa de referência, o conceito que aparece é *movimento ordenando de elétrons*). O conceito *elétrons* foi considerado, pois o aluno insere "movimento ordenado" como palavras de ligação, formando a proposição *corrente elétrica* – é o movimento ordenado – *elétrons*, garantindo o mesmo significado). Outros conceitos são aprofundamentos do conteúdo estudado durante o projeto: *força eletromotriz*, $U = E - r.i$, $r = \text{resistência interna}$ (abordados quando se estudam *geradores*), *energia dissipada*, $E_d = R.i^2$, $P = U.i$, *aparelho resistivo* (abordados quando se estuda *potência*, conceito também incorporado neste mapa), *corrente igual* e *ddp igual* (características das associações em *série* e *paralelo*, respectivamente).

O número de proposições válidas é elevado (vinte e três ao todo) e elas trazem informações indispensáveis ao estudo do tema, como as definições sobre corrente elétrica, o efeito joule e a Lei de Ohm presentes no mapa 2. Além da grande quantidade de informações contidas no mapa, a qualidade das proposições foi mantida. O aluno conservou as proposições básicas e fundamentais em relação ao tema e inseriu a utilidade da Lei de Ohm no estudo de circuitos elétricos, indicou os resistores como um dos possíveis componentes de um circuito, podendo ser associados em série (na qual a corrente é igual em todos os componentes associados) ou em paralelo (na qual a diferença de potencial é a mesma nos componentes). Especifica que a força eletromotriz é um dos dados de um gerador, explicitando seu cálculo. Exemplifica aparelhos resistivos e, a partir do

exemplo, introduz o conceito *potência* (juntamente com sua equação), e menciona a existência de um tipo de energia, a dissipada (também expondo sua equação).

TABELA V. Resultado da avaliação dos mapas do aluno Kl.

	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Total de Conceitos	4	22	24
Proposições Válidas	2	16	23
Proposições Inválidas	1	7	3
Relações Cruzadas Válidas	0	1	0
Exemplos	1	1	1

B.3 Mapas elaborados pelo aluno Mr

O aluno Mr, no mapa 2 (Fig. 7), apresentou dezoito conceitos no total (Tabela VI), dos quais seis estão presentes no mapa de referência e relacionados corretamente, os quais são: *lei de Ohm*, $U = R.i$, *efeito joule*, *aplicando uma diferença de potencial* (conceito mais dealhado do que o do mapa de referência, no qual aparece somente como *diferença de potencial*), *elétrons* e *movimento ordenado* (que aparecem como um só conceito no mapa de referência: *elétrons em movimento ordenado*). Os demais conceitos presentes são *parados*, *eletrostática*, *cargas negativas*, *condutor*, *cargas (prótons e elétrons)*, *choques*, *sentido contrário*, $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ e *intensidade*.

O número de proposições válidas nesse mapa chega a ser menor do que no mapa 1 devido ao mesmo problema estrutural na construção de proposições apresentado pelo aluno Rf. No caso específico desse aluno, o qual apresentou dificuldades durante as aulas teóricas e desinteresse para estudar o conteúdo em casa, uma hipótese para seu baixo desempenho evidenciado pelo mapa 2 é a compreensão superficial do que foi estudado após o período de aulas. Sem haver entendido por completo a teoria abordada, o aluno concentrou-se no pouco que lembrava, e suas afirmações foram construídas como frases para obter um número maior de conceitos e proposições. No entanto, o aluno relacionou corretamente alguns conceitos importantes dentro do tema: definiu matematicamente a intensidade da corrente elétrica e ressalta a importância da diferença de potencial para que ela exista. Citou a Lei de Ohm, expôs sua equação e caracterizou os elétrons como sendo cargas negativas.

O mapa 3 (Fig. 8) apresenta um número menor de conceitos, quinze no total, sendo que desses seis estão presentes no mapa de referência: *lei de Ohm*, $U = R.i$, *diferença de potencial*, $R = \text{resistência}$ (que no mapa 3 aparece em um conceito mais amplo: $U = ddp$ $R =$

resistência $i = \text{intensidade}$), *efeito joule* e *movimento ordenado de elétrons*. Os demais conceitos presentes no mapa são $\frac{\Delta q}{\Delta t}$, $\Delta q = n.e$, $e = \text{carga elementar}$ $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$, *elétrons livres*, $R = U/i$, $i = U/R$, *colisão entre átomos e elétrons* e *transforme qualquer tipo de energia em térmica*. Do total de conceitos desse mapa, nove estavam presentes no mapa 2, repetição esperada, pois tais conceitos são importantes e indispensáveis ao estudo do tema.

O número de proposições válidas aumentou no mapa 3, sendo doze no total. Esse aumento é proveniente da construção correta das proposições, as quais no mapa 2 assumiram estrutura de frases, somente adquirindo significado através da união de duas ou mais proposições. O aluno estabeleceu relações importantes, tais como a definição física da corrente elétrica e a equação de sua intensidade, definindo a partir desse conceito a quantidade de carga $q = n.e$ e especificando a constante e que nela aparece como a carga elementar, incluindo seu valor numérico. Novamente explicitou a importância da diferença de potencial para a existência da corrente e definiu sua equação com a Lei de Ohm, a qual manipulou e isolou os valores de corrente e de resistência. Citou também o Efeito Joule, que foi definido como a colisão dos elétrons com os átomos.

A hipótese para a melhora na construção do mapa 3 é que o aluno passou a compreender melhor o tema após as aulas experimentais, possibilitando o estabelecimento de proposições sucintas e claras. Isso demonstra que quando o aluno aprende os conceitos consegue relacioná-los corretamente em um mapa conceitual, o que é refletido também no número baixo de proposições inválidas.

TABELA VI. Resultado da análise dos mapas conceituais do aluno Mr.

	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Total de Conceitos	7	18	15
Proposições Válidas	5	5	12
Proposições Inválidas	1	12	2
Relações Cruzadas Válidas	0	0	0
Exemplos	2	0	0

B.4 Mapas elaborados pelo aluno Lz

O mapa 2 (Fig. 9) do aluno Lz apresentou catorze conceitos (Tabela VII), dos quais seis estão presentes no mapa de referência: *movimento ordenado dos elétrons*, *ampér* (no qual o aluno tentou expor a unidade de medida da corrente elétrica, o ampère), *ddp*, $U = R.i$, *resistência* e *joule*. Os outros conceitos são: *efeitos*, *cargas negativas*, *fisiológico* e *químico*. Há também dois conceitos errados, resultantes das

manipulações da Lei de Ohm executadas de maneira incorreta: $R = i/U$ e $i = R/U$.

O número de proposições inválidas é maior do que o dobro das válidas. Os erros apresentados foram em sua maioria causados pelo fato do aluno não escolher os conceitos e as palavras de ligação de forma adequada para formar as proposições, como no exemplo *movimento ordenado dos elétrons* - que são - *cargas negativas*, no qual afirma que o movimento ordenado dos elétrons tem carga negativa, quando na verdade quem possui carga negativa são os elétrons. O problema estrutural apresentado pelo aluno Rf na construção das proposições também está presente neste mapa.

O aluno define corrente elétrica como movimento ordenado de elétrons, a necessidade de uma diferença de potencial para sua existência e coloca o ampère como sua unidade de medida. Afirma que a diferença de potencial é utilizada no cálculo da Lei de Ohm e que a resistência é usada para gerar o Efeito Joule, exemplificado pelo chuveiro. Os outros dois efeitos da corrente, o químico e o biológico, foram exemplificados pela *cromação de metais* e pelo *desfibrilador*, respectivamente. O maior número das proposições válidas é referente aos efeitos da corrente elétrica e sua exemplificação.

O mapa 3 (Fig. 10), o número de conceitos aumentou para dezesseis, dos quais oito apareceram previamente no mapa 2: *movimento ordenado dos elétrons* (que no mapa 3 é dividido em dois conceitos, *movimento ordenado* e e^- = elétrons), *resistência*, $U = R.i$, *ddp*, *efeitos*, *joule*, *químico* e *fisiológico*. Outros dois conceitos do mapa 2 que consistiam de manipulações matemáticas erradas da Lei de Ohm foram corrigidos e apresentados neste mapa, e novos conceitos foram verificados: *intensidade*, *voltímetro*, *amperímetro*,

Lei de Ohm, *série*, *paralelo*, *potência*, $P_{\text{Elétrica}}$ e *custo*

de aparelhos. Do número total de conceitos apresentados, dez estavam presentes no mapa de referência. O número de proposições válidas aumentou significativamente, passando a totalizar dezenove. O aluno conservou do mapa 2, quase sem efetuar alterações, a parte referente ao tema do seminário que desenvolveu na etapa anterior sobre os efeitos da corrente elétrica.

As proposições estabelecidas abordam uma quantidade maior do conteúdo estudado, e o aluno construiu proposições significativas e fundamentais para o entendimento do tema: Lei de Ohm juntamente com sua equação, que é manipulada para expor o cálculo que deve ser efetuado para calcular a intensidade da corrente ($i = U/R$) ou o valor da resistência ($R = U/i$) em um circuito. Faz referência aos instrumentos utilizados para medir a diferença de potencial e a intensidade da corrente elétrica em um circuito elétrico, exemplifica duas possíveis associações de resistores (em série ou em paralelo), além de exemplificar três efeitos da corrente elétrica. Por fim, define matematicamente o conceito potência elétrica.

O número de proposições inválidas foi relativamente baixo, dentre as quais somente duas apresentavam o problema verificado anteriormente em outros mapas, em que o significado de uma afirmação requer a junção de duas

ou mais proposições, que sozinhas são incompletas. Elas são:

corrente elétrica - é - *movimento ordenado*,
movimento ordenado - dos - e^- = *elétrons*.

As outras cinco proposições estão incorretas, pois o aluno relacionou alguns conceitos (*ddp*, *resistência*, *potência*, *série* e *paralelo*) à corrente elétrica, descrevendo-os como suas propriedades.

TABELA III. Resultado da análise dos mapas conceituais do aluno Lz.

	Mapa 1	Mapa 2	Mapa 3
Total de Conceitos	6	14	16
Proposições Válidas	5	12	19
Proposições Inválidas	2	6	7
Relações Cruzadas Válidas	0	1	0
Exemplos	0	3	5

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas conceituais elaborados em diferentes momentos do processo de ensino evidenciaram como cada aluno foi alterando sua estrutura cognitiva em relação ao tema corrente elétrica. Observou-se que no início do projeto os alunos possuíam somente conhecimentos baseados na observação cotidiana sobre o tema corrente elétrica, o que foi verificado pelo caráter das proposições, as quais enfatizavam a importância da eletricidade na vida do homem. Realizar a identificação do conhecimento prévio dos alunos foi de fundamental importância para criar um ambiente propício à aprendizagem significativa, pois por meio dessa análise foi possível identificar falhas conceituais e até mesmo a falta de conhecimento dos alunos sobre conceitos fundamentais para o entendimento do tema corrente elétrica, o que serviu de base para modificar o planejamento das aulas.

Após aulas teóricas os alunos apresentaram uma mudança significativa em seus mapas conceituais, construindo proposições baseadas em conceitos físicos pertinentes ao tema. No entanto, foi apresentado um problema estrutural, no qual fizeram mapas lineares, nos segundos mapas dos alunos Rf e Mr, que ocasionou um aumento no número de proposições inválidas. No caso do aluno Mr, isso pode ter ocorrido por apresentar dificuldades durante as aulas teóricas e desinteresse para estudar o conteúdo, o que ocasionou uma compreensão superficial do que foi estudado. Sem haver entendido por completo a teoria abordada, o aluno concentrou-se no pouco que lembrava, e suas afirmações foram construídas como frases para obter um número maior de conceitos e proposições.

Tais evidências mostram que com o mapa conceitual é possível observar se o aluno realmente apresenta indícios

Leite, I. S., Lourenço, A. B., Hernandez, A. C.

de aprendizagem significativa, diferentemente de outras estratégias de avaliação nas quais o aluno pode escrever uma definição memorizada sobre o assunto. Mesmo estando num grupo reduzido, o que permitiu direcionar atenção diferenciada a cada aluno e suas dificuldades, os resultados do aluno Mr não apresentaram melhoras, reforçando a idéia de que, sem a pré-disposição positiva, a aprendizagem não ocorre.

Os mapas 3 dos alunos Rf, Kl e Lz apresentaram um maior número de conceitos e de proposições válidas e significativas. Já o aluno Mr manteve o número de conceitos apresentados, mas aumentou significativamente o número de proposições válidas. Tal aumento deve-se à melhor compreensão dos conceitos, o que levou o aluno a formar de proposições de maneira clara e correta. Esse resultado pode levar a inferir que para esse aluno as aulas experimentais foram mais eficazes para a aprendizagem dos conceitos.

Os resultados desse trabalho mostram e corroboram com a literatura: o mapa conceitual é uma ótima ferramenta para analisar a qualidade do conhecimento adquirido pelos alunos e para identificar falhas conceituais presentes em suas estruturas cognitivas, o que permite ao professor direcionar suas aulas e obter um panorama da mudança conceitual de seus alunos durante e após a seqüência de ensino.

REFERÊNCIAS

[1] Lourenço, A. B., *Análise de mapas conceituais elaborados por alunos da oitava série do ensino fundamental a partir de aulas pautadas na teoria da Aprendizagem Significativa: a argila como tema de estudo*. 2008 115 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Educação e Ciências Humanas. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, (2008).

[2] Cañas, A. J., Novak, J. D., *Facilitating the adoption of concept mapping using Cmaptools to enhance meaningful learning*. Book chapter in Knowledge Cartography, Software Tools and Mapping Techniques, Okada, A., Buckingham Shum, S. J., Sherborne, S. J., Sherborne, T. (eds), (2008).
<http://cmap.ihmc.us/publications/ResearchPapers/FacilitatingAdoptionConceptMapping.pdf>

[3] González, F. M. G., *Los mapas conceptuales de J. D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales*, Enseñanza de Las Ciencias **10**, 148-158 (1992).

[4] Heinze-Fry, J. *Applications of concept mapping to undergraduate general education science courses*. First International Conference on Concept Mapping. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-033.pdf>>. Acesso em: 20 de abril de 2009.

[5] Beyerbach, B. A., Smith, J. M., *Using a computerized concept mapping program to assess preservice teachers' thinking about effective teaching*, Journal of Research in Science Teaching (Special Issue) **27**, 961-971 (1990).

[6] Miranda, L., Morais, C., *Mapas conceptuais como estratégia de ensino e aprendizagem*, Actas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho, (2009).

[7] Rúa, D. L. A., Goenaga, Y. I. A., Olite, J. L. M., Marquez, J. S. M., Molina, R. E. F., *Los mapas conceptuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de conceptos de biología celular en estudiantes de ciencias de la salud*, Salud, Barranquilla **25**, 220-231, jul./dic. (2009).

[8] Urria Carril, E. P., *Una propuesta de Aprendizaje Basado en Problemas de Fisiología Vegetal. Estudio de casos*. Mapas conceptuales. Infografías, Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal **3**, 18-31 (2010).

[9] Harres, J. B. S., Pizzato, M. C., Sebastiany, A. P., Diehl, I. F., Fonseca, M. C., *La práctica docente declarada y realizada por profesores en formación inicial*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **9**, 1-17 (2010).

[10] Tovar-Gálvez, J. C., *El mapa conceptual como instrumento para la auto-evaluación conceptual en química*, Revista Iberoamericana de Educación **49/7**, junio (2009).

[11] Markow, P. G., Lonning R. A., *Usefulness of concept maps in college chemistry laboratories: students' perceptions and effects on achievement*, Journal of Research in Science Teaching **35**, 1015-1029 (1998).

[12] Arellano, J., Santoyo, M., *Investigar com mapas conceptuales- Procesos metodológicos*, (Narcea S. A. Ediciones, Madrid, 2009).

[13] Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H., *Psicología Educacional*, (Interamericana, Rio de Janeiro, 1980), p. 625.

[14] Novak, J. D., *Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender- La opinión de un profesor-investigador*, Enseñanza de Las Ciencias **9**, 215-228 (1991).

[15] Novak, J. D., Cañas, A. J., *La teoría subyacente a los mapas conceptuales y a cómo construirlos*, Reporte técnico Institute for Human and Machine Cognition, (2006).
<http://cmap.ihmc.us/publications/ResearchPapers/TeoriaCmap/TeoriaSubyacenteMapasConceptuales.html>

[16] Derbentseva, N., Safayeni, F., Cañas, A. J., *Concept maps: experiments on dynamic thinking*, Journal of Research in Science Teaching **44**, 448-465 (2007).

[17] Ontoria, A. (Org.). *Mapas conceptuales - una tecnica para aprender*, 5.ed., (Ediciones Madrid, Madrid, 1995), p. 207.

[18] Coffey, J. W., Carnot, M. J., Feltovich, P., Hoffman, R. R., Feltovich, J. Novak, J. D., Cañas, A. J., *A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support*, (Institute for Human and Machine Cognition, Pensacola, FL, 2003).

[19] Novak, J. D., Gowin, D. B., *Aprendiendo a aprender*, (Martínez Roca, Barcelona, 1988).

[20] Campanario, J. M., *Algunas propuestas para el uso alternativo de los mapas conceptuales y los esquemas como instrumentos metacognitivos*, Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales **2**, 31-38 (2001).

APÊNDICE

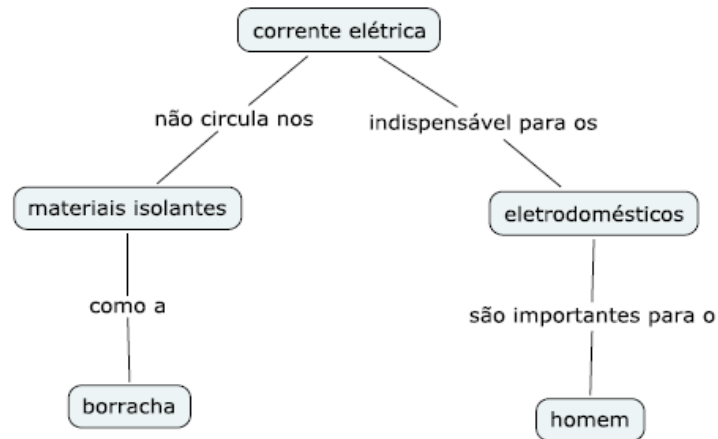


FIGURA 1. Mapa do aluno K1 confeccionado antes da sequência de ensino.

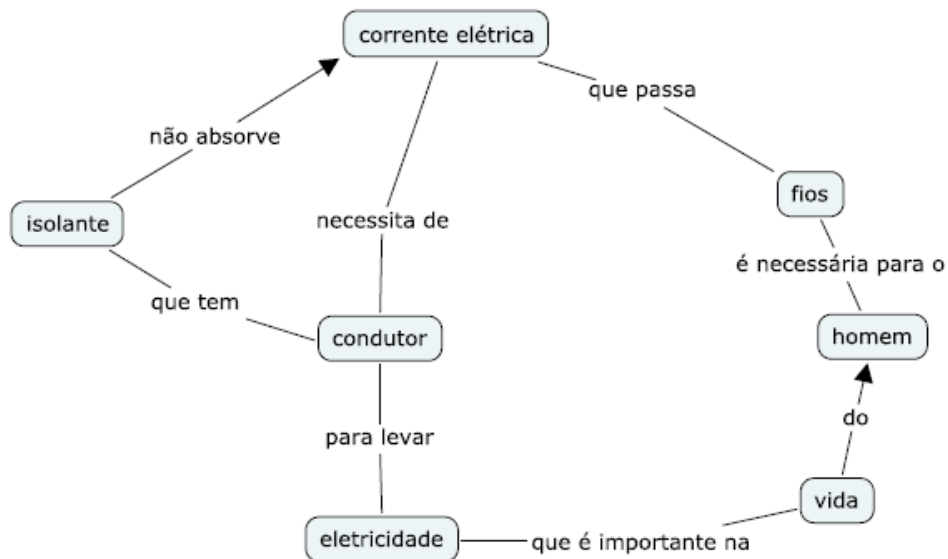


FIGURA 2. Mapa do aluno Lz confeccionado antes da sequência de ensino.

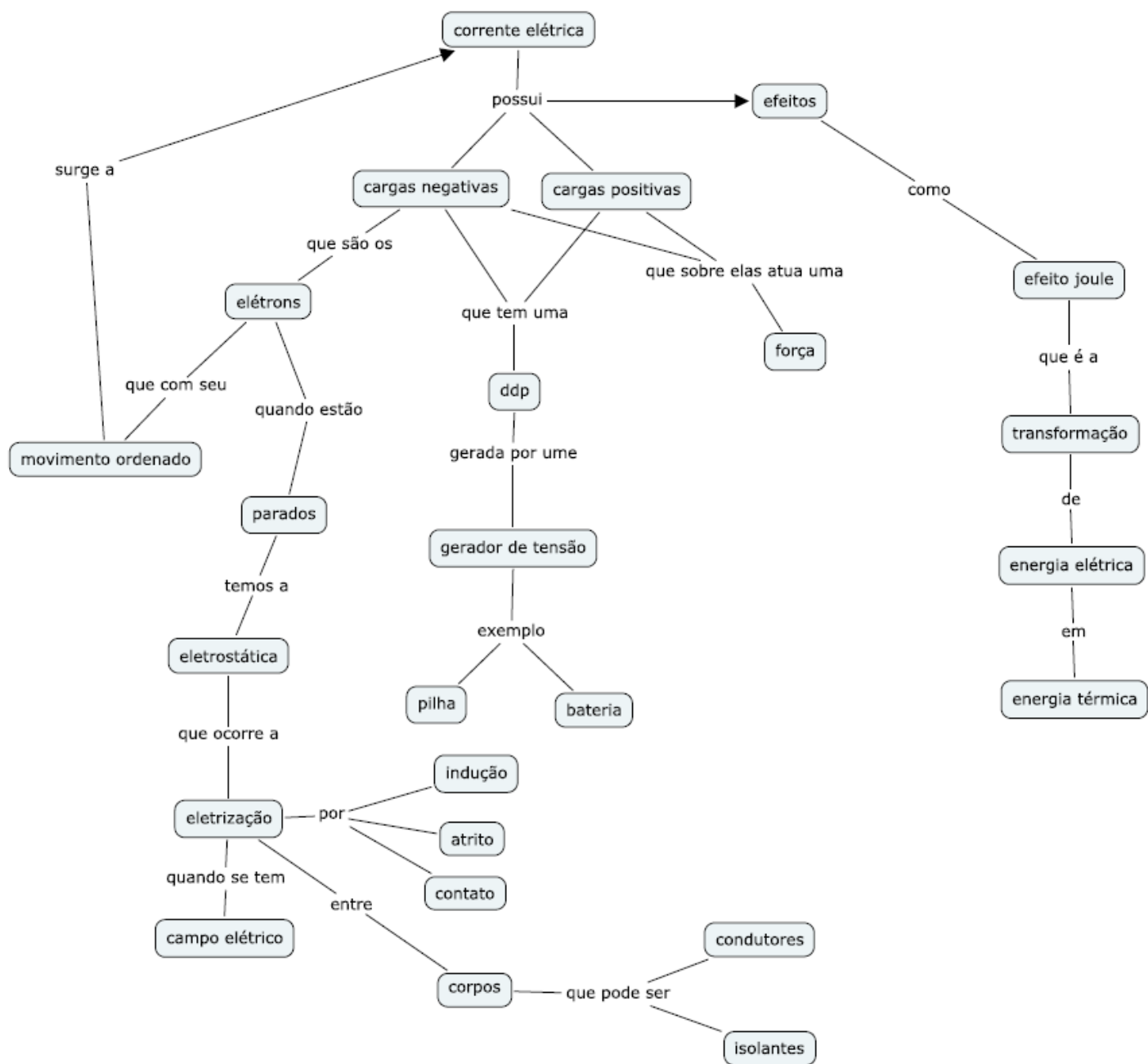


FIGURA 3. Mapa elaborado pelo aluno Rf após aulas teóricas.

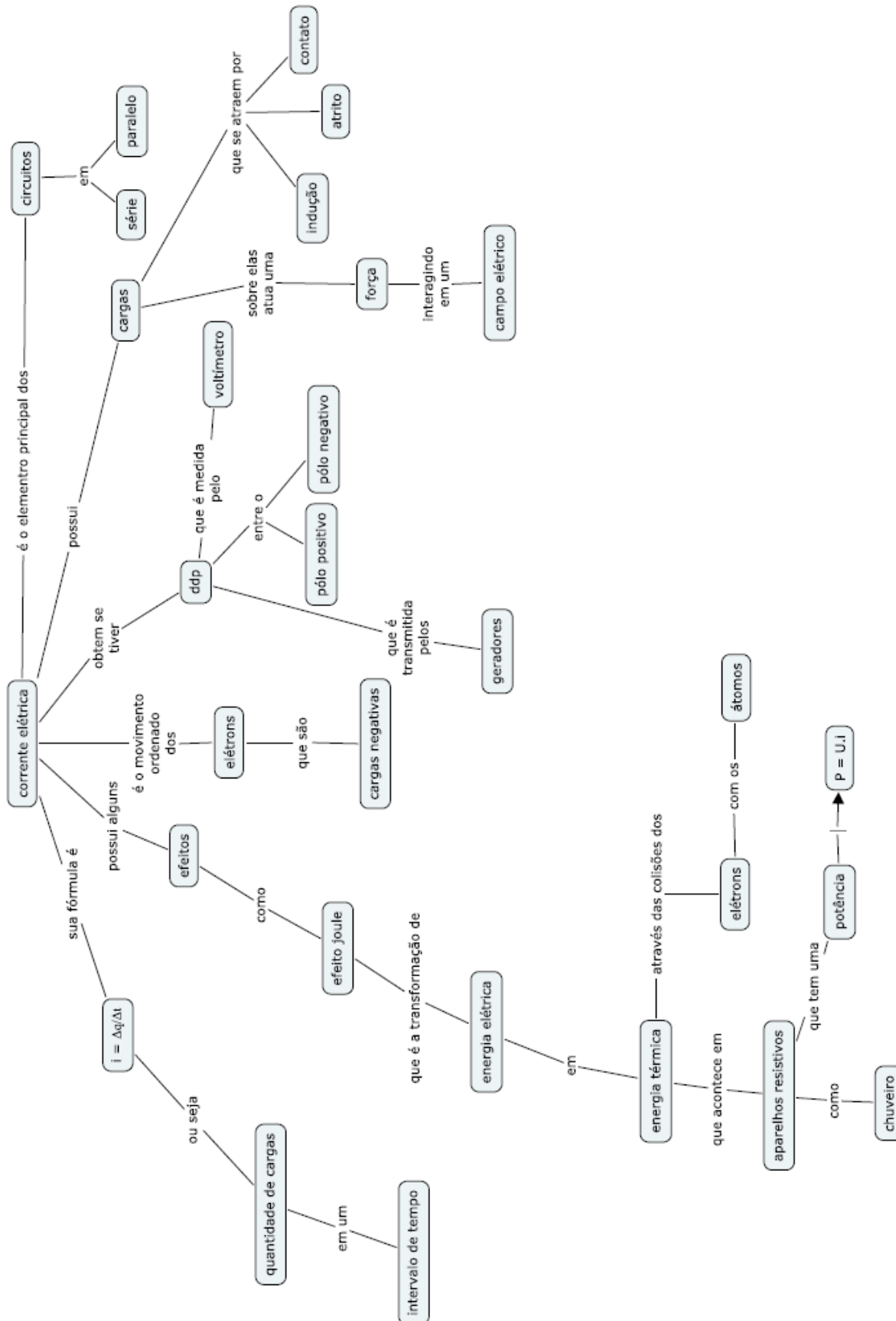


FIGURA 4. Mapa elaborado pelo aluno Rf após aulas experimentais.

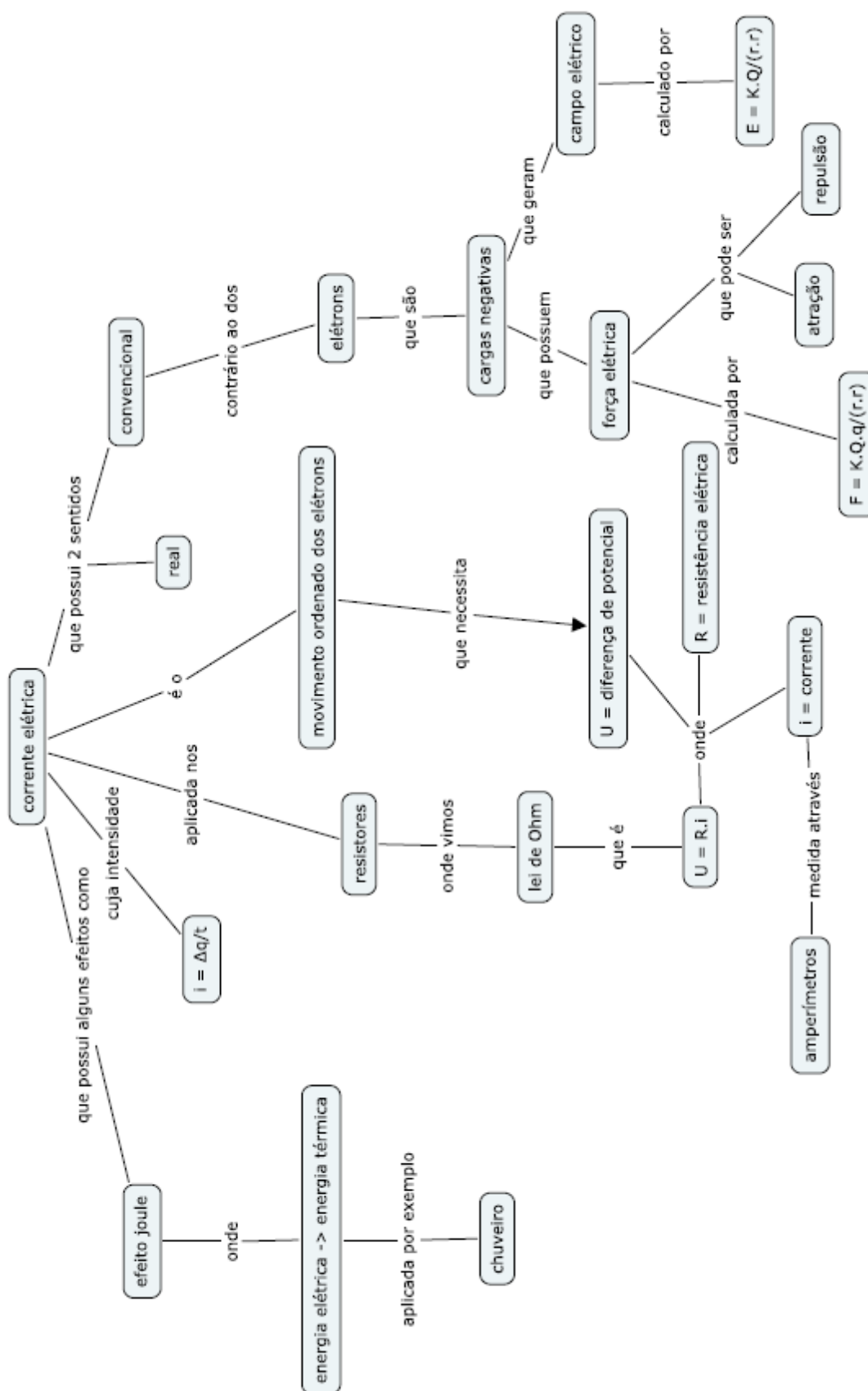


FIGURA 5. Mapa elaborado pelo aluno K1 após aulas teóricas.

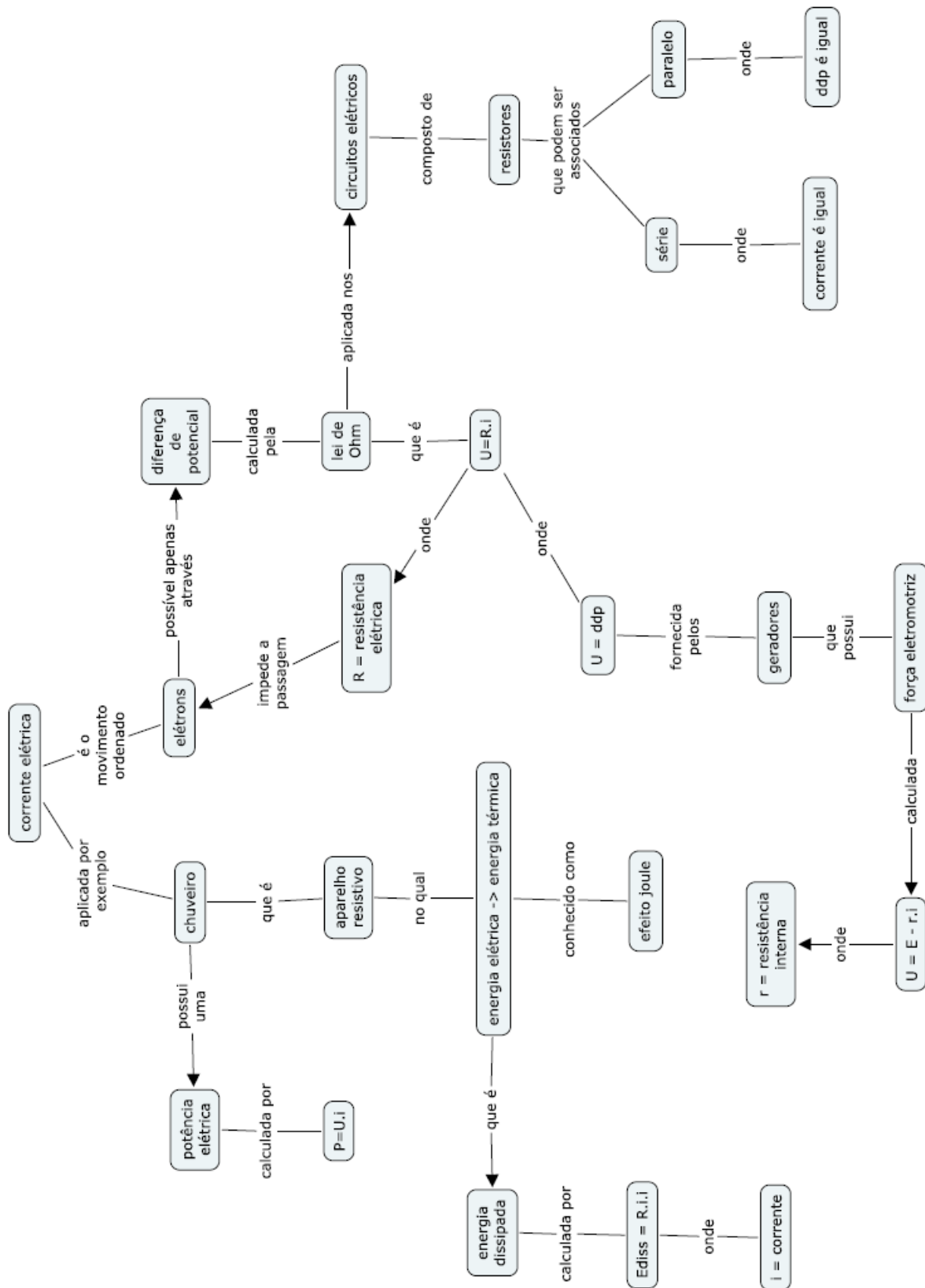


FIGURA 6. Mapa elaborado pelo aluno K1 após aulas experimentais.

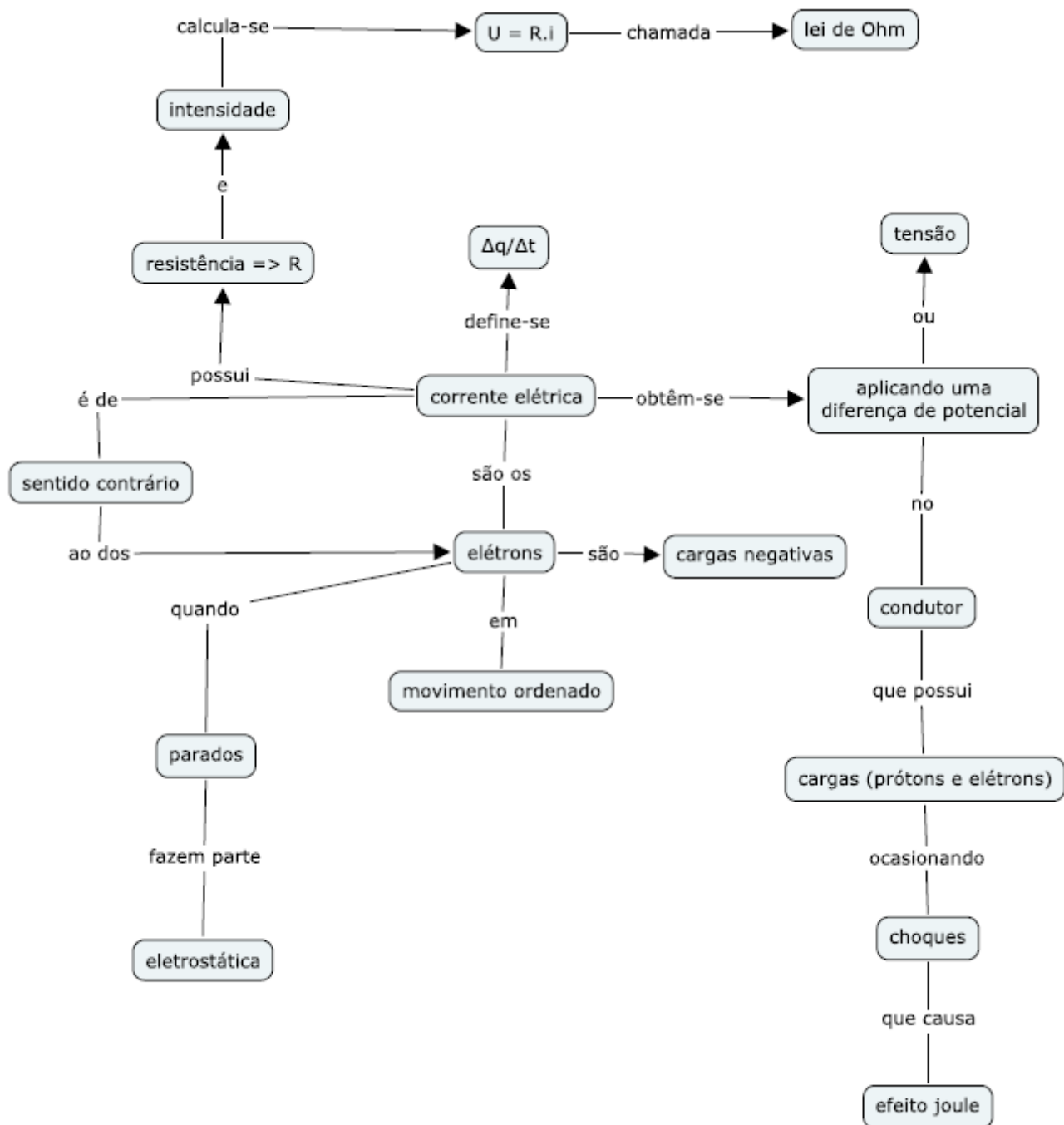


FIGURA 7. Mapa elaborado pelo aluno Mr após aulas teóricas.

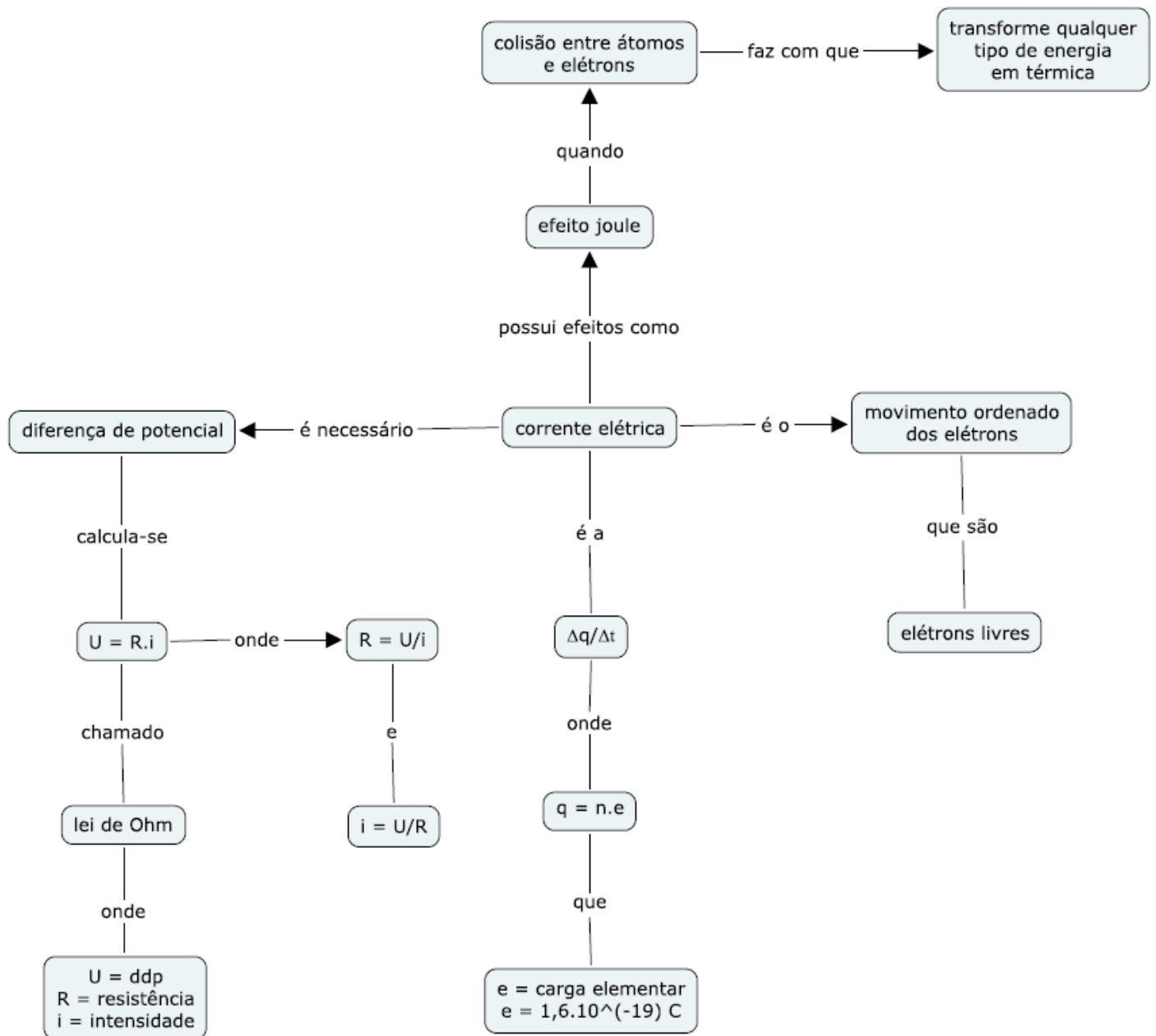


FIGURA 8. Mapa elaborado pelo aluno Mr após aulas experimentais.

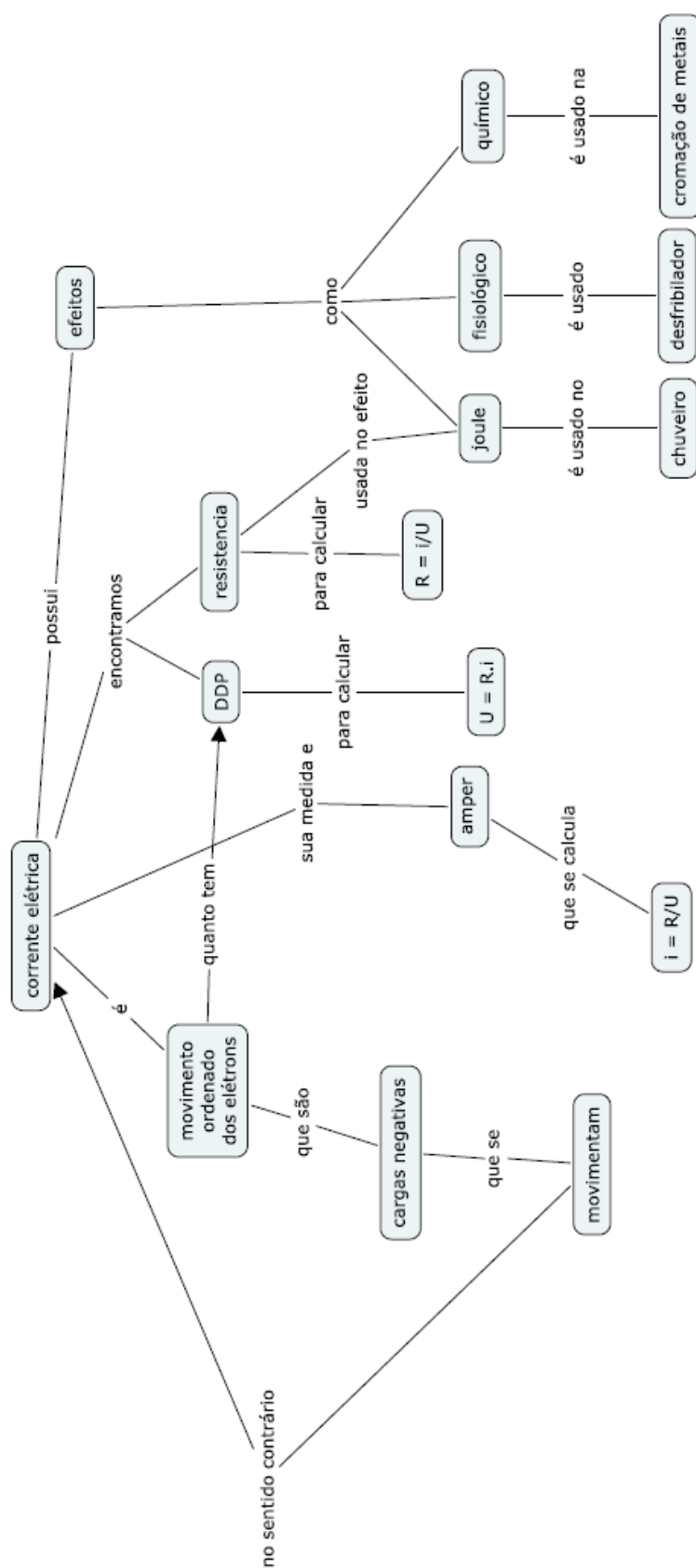


FIGURA 9. Mapa elaborado pelo aluno Lz após aulas teóricas.

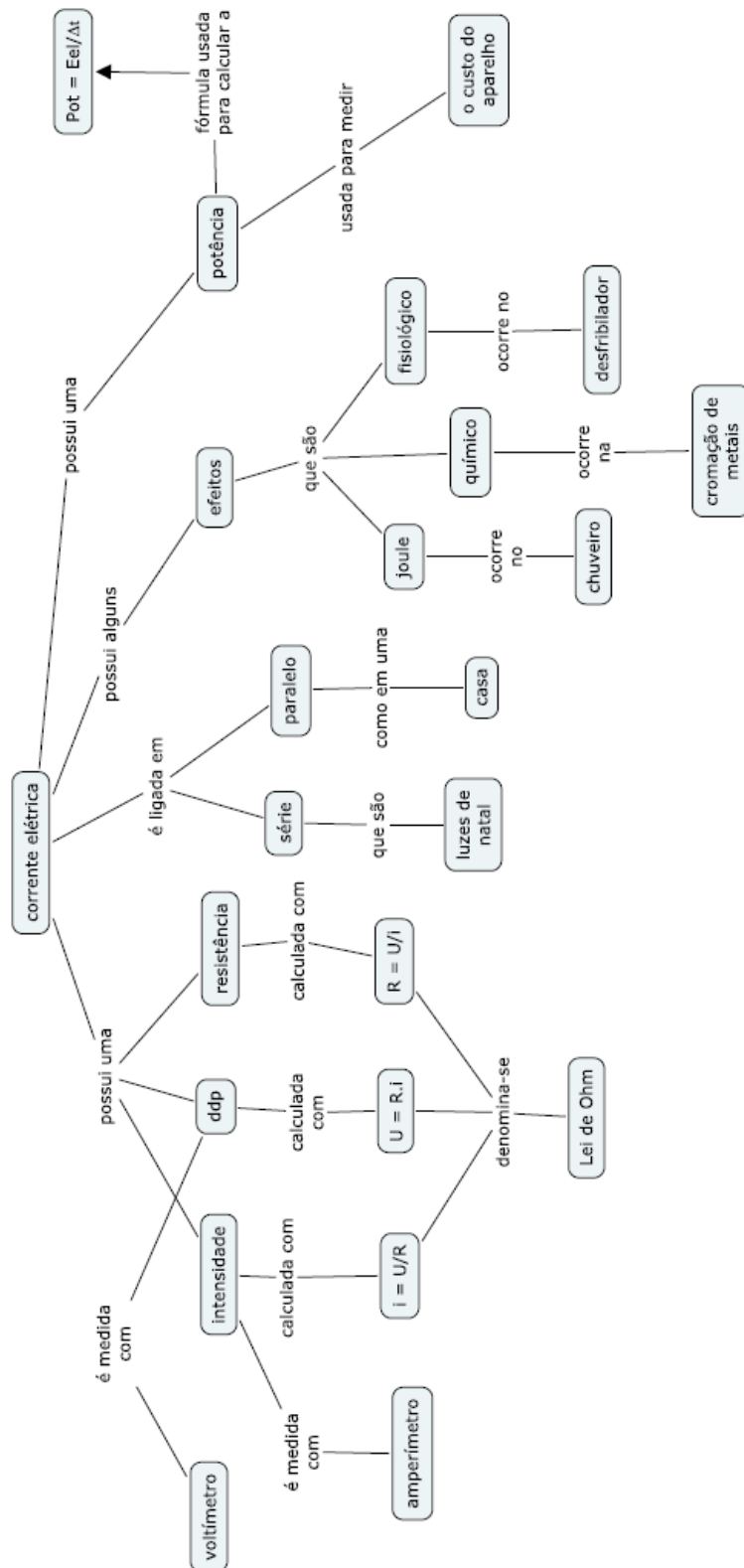


FIGURA 10. Mapa elaborado pelo aluno Lz após aulas experimentais.