

## O ENSINO DA ENTROPIA DE FORMA LÚDICA: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NO ENSINO HÍBRIDO

*Teaching entropy in a playful way: a proposal for a didactic sequence based on hybrid teaching*

**César Américo Oliveira Sousa** [cesar.sousa@prof.ce.gov.br]

**Francisco Carlos Carneiro Soares Salomão** [carlos.salomao@uece.br]

*Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Ceará, CE, Brasil. Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903*

**Fellipe dos Santos Campelo Rêgo** [fellipe.campelo@uece.br]

**Thiago Soares Ribeiro** [tsr.ribeiro@uece.br]

*Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de filosofia Dom Aureliano Matos, Av. Dom Aureliano Matos, 2058 - Centro, Limoeiro do Norte - CE, 62930-000, CE, Brasil*

**José Robson Maia** [jose.robson@uece.br]

*Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Ceará, CE, Brasil. Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903*

*Recebido em: 07/09/2023*

*Aceito em: 10/12/2023*

### Resumo

O presente trabalho apresenta o relato da aplicação de um produto educacional voltado ao estudo dos conceitos de níveis de energia, microestado, macroestado e entropia. Ele foi realizado por meio da implementação de uma Sequência Didática, desenvolvida dentro do modelo de ensino híbrido, composta por materiais lúdicos, vídeos e construção de mapas conceituais. Nessa abordagem, os alunos se envolveram ativamente nas atividades, o que levou a facilitar o aprendizado. Essa sequência demonstrou a importância da ludicidade, cujo objetivo era contribuir para o aprendizado e a utilização de habilidades dos alunos, como argumentação, criação de mapa conceitual e socialização – habilidades que muitas vezes não são contempladas no método tradicional de ensino.

**Palavras-chave:** Entropia, Híbrido, Sequência didática.

### Abstract

The current work presents an account of the application of an educational product aimed at studying the concepts of energy levels, microstate, macrostate, and entropy. This was accomplished through the implementation of a Didactic Sequence, developed within the hybrid education model, consisting of playful materials, videos, and the construction of conceptual maps. In this approach, students actively engage in the activities in order to facilitate learning. This sequence demonstrated the importance of playfulness, whose purpose was to contribute to the learning and utilization of students' skills, such as argumentation, creation of a conceptual map, and socialization—skills that often are not covered in the traditional teaching method.

**Keywords:** Entropy, Hybrid, Didactic sequence.

## 1. Introdução

O ensino de Física tem enfrentado diversas dificuldades ao longo das últimas décadas, como exemplo pode-se citar a redução da carga horária na disciplina de Física, devido em parte a implementação do ‘novo ensino médio’. Pode-se citar também a falta de laboratórios de ciências e suporte de mídias no laboratório de informática, onde muitas vezes dispõem-se de baixo quantitativo de computadores para atender aos alunos. De fato, quando o aprendiz está engajado percebe-se uma maior disposição para aprender, o que os leva a refletir e correlacionar melhor os conhecimentos prévios com os conteúdos apresentados até então, tornando assim a aprendizagem mais prazerosa, nesse contexto teremos uma aprendizagem significativa (TAVARES, 2004).

Segundo o Art. 205 da constituição federal brasileira de 1988, a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando o pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para sua vida profissional. De fato, o ensino de qualidade torna o estudante mais confiante em buscar respostas e mais seguro quanto a suas escolhas. Isso promove uma conscientização democrática, porque a pedagogia crítica é a emancipação do ensino tradicional através do despertar da consciência crítica, com base no conceito de conscientização desenvolvido por Paulo Freire. Ademais percebe-se que os alunos têm sido expostos ao aparato matemático-formal, antes mesmo de terem compreendido os conceitos físicos necessários. O ideal seria o professor propor problemas básicos introdutórios sobre cada assunto e só, então, apresentar o formalismo matemático. “É provado que até as turmas mais difíceis quando partem para a experimentação conseguem um grau de concentração maior do que em sala de aula com conteúdo ministrado mecanicamente.” (GREF, 2002, p. 15-16).

O presente trabalho traz uma sequência didática composta por aulas dialogadas com uso de vídeos, material lúdico, aplicativos e salas de aula virtuais. A vantagem desta proposta consiste em apresentar o conteúdo ao aluno de forma dinâmica trazendo para a sala de aula diversas formas de abordar o conteúdo tornando a aula mais proveitosa e interessante para o estudante. Desta forma a troca de experiências e conhecimentos entre professor e alunos pode propiciar um ambiente interativo de aprendizagem no qual ambos compartilham experiências relacionadas aos conteúdos de física, propiciando um incremento no aprendizado.

Este artigo traz a construção de uma sequência didática, fundamentada no ensino híbrido, abordando o tema da entropia bem como os conceitos de níveis de energia, microestado e macroestado. Como objetivos específicos podemos destacar:

- a) Aplicar uma sequência didática contemplada com elementos da aprendizagem híbrida, utilizando o Google sala de aula e material lúdico abordando o tema entropia
- b) Fazer com que os alunos correlacionem casos/desafios propostos na sequência didática com conceitos termodinâmicos;
- c) Desenvolver mapas conceituais junto com os alunos a partir de exemplares pré-existentes
- d) Criar um canal no Youtube denominado “FÍSICA EM SEQUÊNCIA” que servirá de suporte para aqueles estudantes que apresentarem dificuldade em algum conteúdo conceitual dentro da terminologia, calorimetria e na própria termodinâmica. Link do canal: [https://youtube.com/channel/UCQs7sZEj5CHEe\\_ADL9nTEBw](https://youtube.com/channel/UCQs7sZEj5CHEe_ADL9nTEBw).

## 2. Fundamentação teórica e metodologia

Durante o cotidiano escolar, ou observando detalhes do que acontece em sua volta, percebe-se que nem tudo que se aprende tem o mesmo valor. As diferenças parecem mais evidentes quando se associa a aprendizagem mecânica com a memorização de algo tedioso. Esta foi uma das razões que motivaram Ausubel a estudar as discordâncias entre esses dois tipos de aprendizado, criando assim a teoria da aprendizagem significativa. Ausubel e seu modelo de aprendizagem significativa é um dos mais bem-sucedidos na explicação de como a aprendizagem é feita de uma forma direta desde que seja construída e relacionada ao conhecimento prévio, em que o educando desempenha um papel ativo na organização das informações. O construtivismo de Jean Piaget tem influência na teoria da aprendizagem significativa, pois explica como uma criança constrói um modelo mental do mundo. Piaget discordou da ideia de que a inteligência era uma característica fixa e considerou o desenvolvimento cognitivo como um processo que ocorre devido à maturação biológica e a interação com o meio ambiente (PIAGET, 2007).

Para Ausubel (1982), o verdadeiro conhecimento é construído a partir da vivência e experimentação. Por essa razão, qualquer conhecimento baseado no ensino que dar ênfase a memorização nada mais é do que repetições com pouco ou nenhum significado. Os questionamentos do assunto não entrariam em análise nesse tipo de conhecimento e teria pouca influência no cotidiano da pessoa. Para entender a aprendizagem significativa, é necessário deixar claro que esta é uma teoria que busca o aprendizado adquirido pelos alunos em seu meio social. Ausubel (1982) não descreveu os diferentes tipos de aprendizado; ele queria fazer uma mudança na mentalidade de professores e alunos. Como mencionado acima, é difícil para o aprendizado tradicional e mecânico mudar as representações de quem está envolvido no processo de ensino aprendizagem, o que nos leva a questionar se ocorre aprendizado real. É precisamente nesse ponto que surge a necessidade de compreender que a aprendizagem significativa deve se fazer presente para que o ambiente escolar se torne um local prazeroso. A aprendizagem significativa é uma espécie de aprendizagem que relaciona o cotidiano com o interior da sala de aula. Está ligada ao que se aprendeu com sua experiência de vida. Supõe uma modificação ou uma maneira de completar nossos pensamentos sobre nossa realidade, permitindo assim um aprendizado profundo. Não se trata apenas de dados memorizados, trata-se de uma estrutura cognitiva que visa interpretar a nossa realidade. Uma característica desse tipo de aprendizado é a relação entre os conceitos e a percepção da realidade das disciplinas ministradas em sala de aula. Observa-se os conteúdos e com auxílio dos esquemas prévios (estrutura conceitual), constrói-se uma representação significativa. Ao ser colocada uma situação problema, esta é incorporada aos conceitos, modificando ou aprimorando o conhecimento e os esquemas mentais. Portanto, as representações inseridas criarão representações, e assim uma nova estrutura conceitual será desenvolvida.

Essa teoria tenta modificar os métodos pedagógicos trabalhados em sala de aula. Ao observar o modelo de escolas no Brasil hoje encontra-se uma série de fatores que desmotivam os alunos. O sistema é projetado para promover a memorização de dados, equações, fórmulas e nomes, os quais são repassados sem prévia contextualização.

Outro fator que favorece o aprendizado superficial é o sistema de avaliação baseado em testes objetivos que são corrigidos por gabaritos que não levam em conta o que o aluno desenvolveu até chegar naquela afirmativa, ou seja, ou ele está certo ou errado. Isso ocorre porque nenhum aprendizado significativo é considerado, ou seja, a meritocracia será daqueles que em certo momento memorizaram melhor.

David Ausubel (1982) ressaltou os seguintes princípios que os educadores devem seguir para fornecer uma aprendizagem significativa aos alunos:

- Deve ser considerado o conhecimento prévio dos alunos. Esta técnica de ensino está relacionada com o eixo: conteúdo novo e conhecimento prévio;
- As atividades devem ter foco no interesse do educando. A integração de novos conceitos no cognitivo do aluno se efetuará com maior facilidade se as atividades forem interessantes e necessitarem da participação deles em sua realização;
- Deve ser criado um ambiente de confiança entre professores e alunos onde a harmonia reine;
- As atividades devem fazer o aluno refletir e debater sobre possíveis resultados. Os alunos devem interpretar o problema proposto e construir seu próprio saber;
- As explicações devem ser dadas a partir de fatos concretos que exemplifiquem de maneira mais simples possível os problemas propostos isso ajuda a compreender a realidade em que eles estão inseridos e faz com que eles alcancem uma aprendizagem mais ampla e contextualizada.

Um modelo de ensino que se encaixa com as ideias de Ausubel é a instrução por pares. Tal ideia consiste em apresentar palestras, filmes e aplicativos aos alunos e eles os analisarem por meio de reflexões e após irem à escola, onde receberão tarefas relacionadas ao que foi disponibilizado anteriormente, ou seja, as lições e as atividades são invertidas. A instrução por pares refere-se a técnica de ensino oposta ao ensino tradicional, que se baseia na figura do professor como repassador de conteúdo, no qual os alunos continuam a estudar o que foi repassado em casa sem nenhum questionamento. O objetivo dessa metodologia é fazer com que os alunos reflitam e façam questionamentos junto ao professor de forma independente, para que a partir daí sejam agentes de seu aprendizado. A instrução por pares enfatiza:

- 1) A atividade de aprendizagem do aluno em casa sem influência do professor;
- 2) O sociointeracionismo entre os alunos;
- 3) O uso das tic's no aprendizado.

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o aprendiz já conhece. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé-da-letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2005). Já na instrução por pares o aluno pode utilizar como fonte inspiradora técnicas em programas computacionais e aplicativos para celular que fazem parte de seu cotidiano e no seu professor que será mediador dessa aprendizagem. O professor passa a ser orientador dos alunos e não um repassador de conceitos. A instrução por pares é uma abordagem de ensino que usa casos como fonte de instigação para tomada de decisão colocando os alunos no papel de percussores de sua aprendizagem tomando decisões diante de problemas propostos difíceis em algum momento pela falta de conhecimento científico no que vai ser proposto. Em nítido contraste com muitos outros métodos de ensino, o método exige que os professores evitem dar suas próprias opiniões sobre as decisões em questão. Em vez disso, a principal tarefa dos professores que usam a metodologia é pedir aos alunos que planejem e defendam soluções para os problemas encontrados por cada situação apresentada. De fato, nada nos esclarece mais as ideias do que ter que explicá-las aos outros, sublinha Eric Mazur (1997) em seu livro Instrução por Pares. Na aula, o professor concentra-se na interação fazendo perguntas e os alunos devem discuti-las com os colegas sentados ao lado deles.

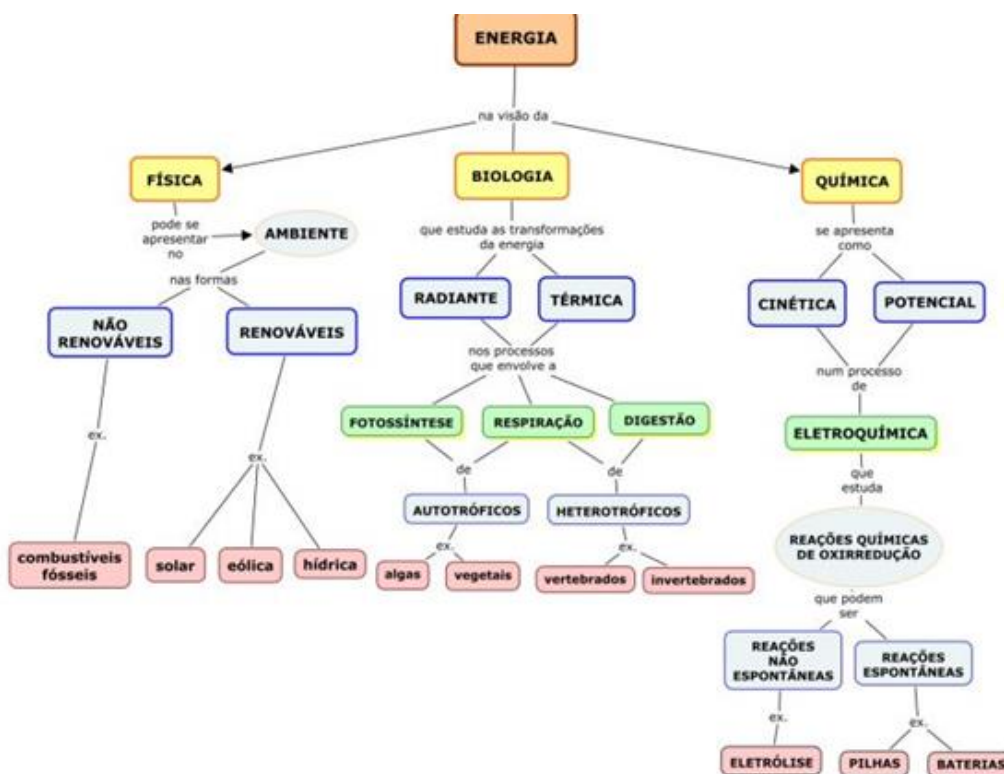
## 2.1 Mapa conceitual

O mapa conceitual é a representação gráfica da rede de relações entre diversos conceitos, a partir da inicial. Os mapas são usados para representar em um gráfico seus conhecimentos em torno de um tema específico de acordo com um princípio cognitivo construtivo, de modo que cada um é o autor de seu próprio caminho cognitivo dentro de um contexto (NOVAK, 2000). Mapas conceituais visam contribuir para a realização de uma aprendizagem significativa, capaz de modificar as estruturas cognitivas do sujeito e se contrapor a educação mecanizada ou bancária. Essa metodologia de aprendizagem foi teorizada por Joseph Novak nos anos 70 (EMILIANI, 1997). As teorias de Novak estão fortemente ligadas às de David Ausubel. Moreira (2010) nos alerta que para fazer uso de uma avaliação por meio de mapas conceituais, implica numa mudança de paradigma em todo processo de ensino e aprendizagem. Na avaliação de resultados utilizando mapas conceituais, o foco principal é a organização cognitiva do estudante em termos de listagem dos conceitos na estrutura do mapa conceitual. De acordo com a configuração original de Novak, as características essenciais de um mapa conceitual são as seguintes:

- Identificar claramente a "questão focal", ou seja, o tema que está sendo descrito e que circunscreve o escopo da análise;
- Desenvolvê-lo tanto quanto possível de cima para baixo, considerando as relações transversais uma exceção;
- Adotar uma lógica de realização conexiva: primeiro a identificação dos conceitos ocorre, depois a criação das relações associativas entre eles;
- Ser capaz de conectar os diferentes tópicos de forma clara e correta.

Os mapas conceituais baseiam-se numa ferramenta que ajuda a entender conceitos de uma forma aprofundada e a principal teoria cognitiva que se apoia para se construir esses conceitos é a teoria da aprendizagem significativa do David Ausubel (MOREIRA,2010), e pelo fato dele ter se apoiado na teoria do Ausubel, da aprendizagem significativa, muitas vezes teremos mapas conceituais diretamente relacionado com a aprendizagem significativa, mas lembrando que Ausubel não é o criador dos mapas conceituais, porém sua teoria da aprendizagem significativa serve de base para os mapas conceituais. No caso dos mapas conceituais, diferentes dos mapas mentais eles não usam imagens na sua construção, eles usam principalmente retângulos, círculos que vão se conectando através de uma linha e dentro desse retângulo ou círculos, sempre tem um conceito que é ligado por um conectivo, além disso a leitura de um mapa conceitual sempre começa do topo e vai para baixo (NOVAK,2000). A Figura 01 apresenta um esquema de um exemplar de mapa conceitual.

Figura 1: Exemplar de mapa conceitual.



Fonte 1: Martins et al. (2009).

Os mapas conceituais estão comprometidos com a compreensão mais profunda de um conteúdo por isso ele está associado com a aprendizagem significativa, e por que isso? Porque quando você faz um mapa conceitual, você precisa fazer de uma forma que uma pessoa que leia o seu mapa sem você explicar, entenda o que você quis dizer sobre aquele assunto e por isso que existem regras citadas por Novak. Suas vantagens são: Ajuda a sistematizar as relações entre conceitos e sub conceitos, pode ser colaborativo, e por ter clareza semântica (significado) serve como ferramenta de avaliação do aprendizado. No caso das desvantagens, os mapas conceituais: e não possui tanta flexibilidade criativa, nível de dificuldade para construção do mapa é médio para alto, para melhor proveito dele é recomendável compartilhar seus mapas com outras pessoas para saber a opinião delas sobre o entendimento do conteúdo tratado.

De acordo com grupo de Didatismo das Línguas da UNIGE-Genebra / Suíça (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004), que segue a perspectiva teórica metodológica do Interacionismo Socio discursivo (SDI) (BRONCKART, 2003), uma SD (Sequência Didática) refere-se a um conjunto de atividades planejadas em sala de aula que visa construir conhecimento oral e escrito e se concentra em uma disciplina específica. Dolz e Schneuwly (2004, p. 51) definem uma sequência didática como:

[...] Uma sequência de módulos de ensino, organizados em conjunto para melhorar uma determinada prática. As sequências didáticas estabelecem a primeira relação entre um projeto e os instrumentos que facilitam essa apropriação. Nessa perspectiva, pretendem confrontar os alunos com as práticas construídas historicamente, a saber, teorias clássicas, para que os alunos tenham a oportunidade de reconstruir essas práticas e, conseqüentemente, apropriá-las [...] (DOLZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 51).

Assim, como uma SD consiste no planejamento de unidades e atividades de ensino por temas, os professores de física podem tomá-lo como um importante instrumento teórico-metodológico para o ensino e aprendizagem dessa disciplina. A proposta da elaboração da SD apresentada aqui, partiu da necessidade de trazer à tona os conhecimentos prévios dos alunos sobre termodinâmica, o que Ausubel nomeou de subsunçores. Assim, através de vídeos e pequenas experiências, procurou-se relacionar os conceitos e a aplicabilidade da entropia com o cotidiano dos alunos. Desse modo, pretendeu-se tornar o ensino nesse campo da física mais lúdico e prazeroso. Os alunos foram instigados por meio de situações problemas a chegarem a uma solução de problemas previamente elaborados, viabilizando uma gama de conexões mentais com os conteúdos ministrados no ambiente escolar, deixando de lado, em parte, os cálculos que estão rotineiramente acostumados a desenvolver.

Agora focar-se-á na estrutura da sequência didática proposta nesse trabalho, como segue abaixo.

**OBJETIVO:** Introduzir o conceito de entropia bem como a definição de macroestados e microestados por meio de uma sequência didática.

**ENCONTRO 01-** Descrever a proposta da sequência didática e especificar as regras do contrato didático.

- Propor aos estudantes a atividade que será desenvolvida
- Descrever o que é uma sequência didática e solicitar o empenho dos estudantes no desenvolvimento das atividades.

**ATIVIDADE 01(1h/a):** Aplicação de um questionário, via google formulário, para verificar conhecimentos prévios acerca dos assuntos a serem tratados na presente sequência didática.

- O questionário será corrigido por inteiro, para sanar qualquer dúvida a respeito da fundamentação teórica da termodinâmica
- Como atividade remota delegar:  
Texto para leitura prévia: <<https://url.gratis/eYvpG>>.
- Vídeo de Sistemas reversíveis e irreversíveis:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=q3o5y8BGi0U>>.
- Vídeo gravado: relacionado com os microestados e macroestados  
<[https://www.youtube.com/watch?v=FhiaUb\\_tMvU](https://www.youtube.com/watch?v=FhiaUb_tMvU)>.

**ENCONTRO 02 (3h/a) -** Estados de energia, níveis de energia, microestados e macroestados.

- A aula será iniciada com uma discussão do questionário, do texto e dos vídeos.
- Em que essa aula lhes ajudou a compreender os assuntos abordados no texto? E /ou as respostas do questionário?
- Apresentar a figura 09 e a partir dela solicitar aos estudantes a construção de uma situação que se assemelhe à figura mostrando de maneira lúdica os níveis de energia, os estados de energia e a degenerescência.

**ATIVIDADE REMOTA:**

- Vídeo: associando a desordem ao conceito de entropia. Será que entropia está sempre relacionada com desordem?  
<<https://www.youtube.com/watch?v=5sU24dTep4A>>.
- Vídeos: Construindo um mapa conceitual e o diferenciando do mapa mental  
<<https://youtu.be/miNl45kbDuU>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=hxAOV8rjtZU>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=YbI8OQBpaJc>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E>>

### ENCONTRO 3 – (3h/a) O QUE É ENTROPIA?

- Correlacionar a ideia de entropia baseando-se no vídeo com as ideias de microestados e macroestados.
- Apresentar material prático produzido com caixinha de acrílico e bolinhas coloridas para consolidar a ideia de entropia.
- Diferenciar mapa mental de mapa conceitual apresentando passo a passo de como construir um mapa conceitual que será solicitado remotamente via google sala de aula
- A partir do mapa conceitual apresentado pelo professor serão deliberadas perguntas sobre o assunto por meio de um quiz utilizando a plataforma Quizizz

ATIVIDADE EM SALA DE AULA/REMOTA: A partir da fórmula  $S = k \cdot \ln \Omega$  e utilizando calculadora científica determinar entropia a partir de microestados apresentados na atividade 1(apêndice).

#### ATIVIDADE REMOTA:

- Construção de um mapa conceitual tratando do termo TERMODINÂMICA, conforme explicado em sala de aula

### ENCONTRO 04 – (2h/a) -FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

- Iniciar fazendo uma revisão geral.
- Fazer uma reflexão sobre os mapas conceituais apresentados pelos estudantes.

No início será revisado um pouco sobre o conteúdo, para que alunos entendam melhor e ponham em prática o que aprenderam a respeito da entropia.

- Solicitar que os estudantes discutam a atividade proposta para casa e façam um breve relato sobre o trabalho desenvolvido.

Esse momento foi reservado para avaliação final por parte dos estudantes, sendo apenas umas das avaliações, visto que em uma perspectiva de aprendizagem significativa os estudantes devem ser avaliados durante todo o processo, por meio de todas as atividades, observando seu crescimento.

Com relação a avaliação final, foi necessário um momento de autoavaliação sobre o comportamento de cada aluno e acerca do conteúdo estudado para que os erros sejam corrigidos e assim impliquem numa compreensão de qualidade e evidenciem captação de significados.

Aplicação do Questionário Final.

## 3. Resultados

### O primeiro encontro:

O primeiro encontro abordou a apresentação da sequência didática desenvolvida pelo professor bem como as dificuldades encontradas por ele no período pandêmico. Com o retorno na modalidade híbrida foi possível a aplicação do seu produto educacional. O professor propôs aos estudantes participarem do seu projeto. Os alunos ficaram bastante empolgados pelo fato de estarem presenciando e participando de uma dissertação de mestrado e se prontificaram a desenvolver as atividades propostas na sequência didática.

Após finalizada a apresentação da proposta foi aplicado o questionário 1 com objetivo de verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre termodinâmica.



- 1- O que você entende por calor do ponto de vista da Física?
- 2- Qual a sua ideia a respeito de temperatura e pressão?
- 3- O que você entende por conservação da energia em Física?
- 4- Quais são as Leis da termodinâmica e do que elas tratam?
- 5- O que você entende por equilíbrio termodinâmico?
- 6- Você conhece o conceito de entropia? Em caso afirmativo discorra sobre o tema.
- 7- Como você interpreta a energia interna de um gás?
- 8- No seu ponto de vista o que é termodinâmica? Quais as implicações dela em nosso cotidiano?

O professor também solicitou que os estudantes assistissem os vídeos listados abaixo como atividade de casa:

- leitura prévia do texto: <<https://url.gratis/eYvpG>>.
- Assistir o vídeo de Sistemas reversíveis e irreversíveis: <<https://www.youtube.com/watch?v=q3o5y8BGi0U>>.
- Assistir o vídeo gravado: relacionado com os microestados e macroestados <[https://www.youtube.com/watch?v=FhiaUb\\_tMvU](https://www.youtube.com/watch?v=FhiaUb_tMvU)>.

### O segundo encontro:

O professor iniciou a aula com uma breve correção do questionário 1 que contou com a participação de 34 estudantes. Aqui pode-se observar a transcrição de algumas respostas fornecidas pelos estudantes. **Questão 1:** O aluno X afirmou que: “A termodinâmica, é uma área da física em que se observa a transferência de calor entre corpos estando eles isolados ou não, variando também sua temperatura, volume e pressão. No cotidiano, podemos encontrar esse fenômeno em máquinas industriais, celulares e até mesmo em nossos corpos que trocam energia em forma de calor com o ambiente, para assim fazer com que o organismo funcione normalmente e de forma efetiva, por isso não podemos estar com a temperatura muito elevada ou muito baixa, pois pode trazer malefícios ao sistema orgânico, cuja temperatura ideal seja 35°/36° Celsius”.

O aluno Y respondeu que: “Termodinâmica é uma área da física que estuda as transferências de energia. Busca compreender as relações entre calor, trabalho e outras formas de energia, analisando a disponibilidade de energia para a realização de trabalho e a direção das trocas de calor. Ela está presente nos processos de mudança de estado (sólido, líquido e gasoso), e nos refrigeradores, termômetros, motor dos automóveis, panela de pressão etc.”. Ambos os estudantes mostram ter conhecimentos prévios inclusive com aplicabilidade no cotidiano com relação a primeira pergunta não havendo necessidade de aprofundamento.

Ainda relacionado ao questionário 1 o aluno Z respondeu: “O calor pode ser visto como o estado de transição de energia um corpo para outro por causa de uma diferença de temperatura entre eles, sendo o sentido da transferência espontânea dessa energia sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio”.

Já o aluno M afirmou: “Entendo por calor à energia que se transfere de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura. Essa transferência ocorre sempre do corpo de maior temperatura para o de menor até que atinjam o equilíbrio térmico.” Os estudantes compreendem bem ideia de fluxo de calor vinculada a variação de temperatura.

A **Questão 2** aborda conceitos de temperatura e pressão. Das repostas obtidas destacam-se: o aluno A, que mencionou “Temperatura é a medida para saber o quão quente ou o quão frio algo é, pressão é uma força exercida sobre as paredes de uma panela por exemplo”, o aluno X, que

mencionou “Pressão pode ser definida como a força exercida pela colisão das partículas dos gases contra as paredes do recipiente que os contém”. “Já temperatura é a grandeza física que mede o grau de agitação térmica, ou energia cinética, translacional, rotacional e vibracional dos átomos e moléculas que constituem um corpo”. Observa-se que o aluno A apesar de saber a diferença entre quente e frio ele não relaciona a temperatura com o grau de agitação das partículas e a pressão ele só relaciona como sendo a força exercida pelas partículas numa parede de panela. Já o aluno X mostrou maior conhecimento no conteúdo apresentado.

A **Questão 3** trata da conservação de energia. O aluno G afirmou que: “Entendo que, diante o princípio da conservação de energia, em que um sistema isolado constituído por corpos que interagem apenas com forças conservativas, a energia mecânica total permanecerá constante.”

O professor percebeu que os estudantes possuíam conhecimentos prévios relacionados a termodinâmica, porém quando indagados sobre a **Questão 6** os estudantes mostraram-se leigos com relação ao termo entropia e afirmaram que está sempre relacionada a desordem, nesse momento o professor indagou: O que é desordem para vocês? Os estudantes X e Y afirmaram respectivamente: vamos tirar do alinhamento as cadeiras e vamos soltar as canetas da minha bolsa no chão. O professor então indagou, mas se inicialmente as cadeiras estivessem desorganizadas e vocês organizassem a entropia aumentaria ou diminuiria? Eles afirmaram que diminuiria, nesse momento o professor questionou como diminui se é um processo que segundo vocês é irreversível. Foi então que a aluna A opinou: então o estado de organização depende de um parâmetro, ou seja, de como nós definimos o que é organizado ou desorganizado, uma coisa desorganizada para mim pode ser organizada de acordo com outro parâmetro ou vista sobre outra perspectiva. O professor afirmou que a estudante A estava correta. Diante disto o professor seguiu na aula mostrando um modelo simples para introduzir a ideia de níveis de energia. Após sua apresentação o professor propôs aos estudantes que criassem um modelo lúdico para representar os níveis de energia. A figuras 02 traz o registro dos estudantes construindo um modelo lúdico para representar o conceito de níveis de energia e degenerescência.

**Figura 2:** Estudantes produzindo o material para representar o conceito de níveis de energia de forma lúdica.



Fonte 2: Próprio autor.

Como o objetivo foi alcançado ficou delegado aos estudantes a atividade de assistirem, em casa, aos vídeos:

- Associando a desordem ao conceito de entropia. Será que entropia está sempre relacionada com desordem?  
<<https://www.youtube.com/watch?v=5sU24dTep4A>>.
- Construindo um mapa conceitual e o diferenciando do mapa mental.  
<<https://youtu.be/miNl45kbDuU>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=hxAOV8rjtzU>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=YbI8OQBpaJc>>  
<<https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E>>

### O terceiro encontro:

O professor baseando-se nos vídeos que ficaram como atividade remota para os estudantes, iniciou o encontro tentando definir o conceito de macroestado e microestado. O vídeo teve de ser retomado em sala de aula sendo pausado nos pontos mais importantes. Começou com o caso do lançamento simultâneo das três moedas, para observar o evento mais provável. A representação de um microestado com moedas é mostrado na Figura 03.

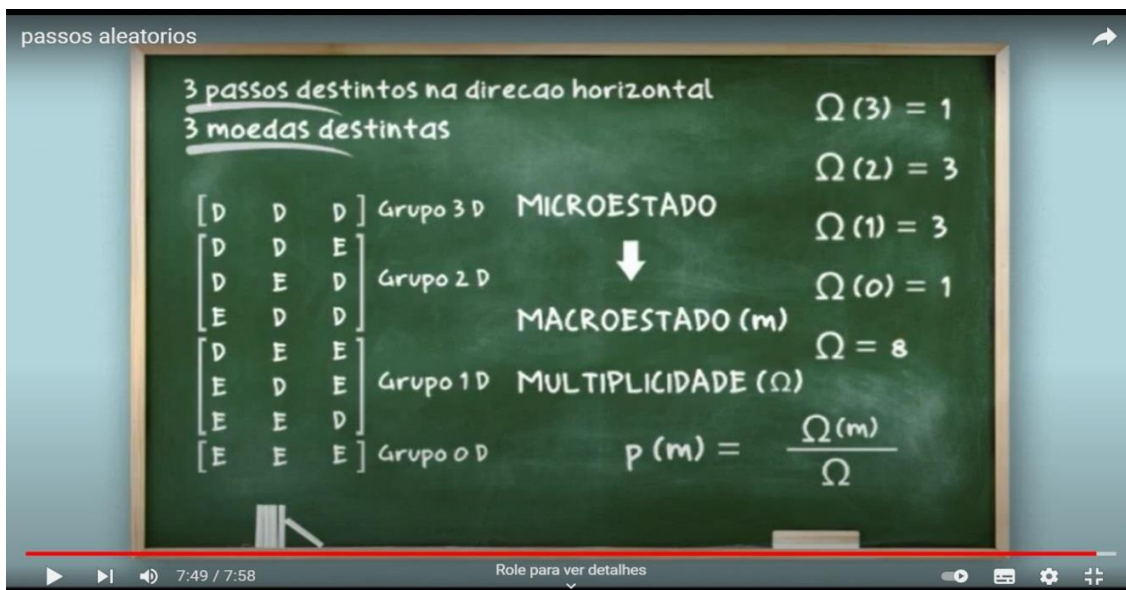
**Figura 3:** O lançamento das três moedas, representação de um possível microestado.



Fonte 3: Próprio autor

Na situação abordada, o professor perguntou: ao lançar 3 moedas simultaneamente quantas e quais são as possibilidades de observação das faces voltadas para cima? Os estudantes perceberam que eram 8 possibilidades possíveis, então o professor afirmou que essas 8 possibilidades representavam 8 microestados diferentes, de forma que um deles pode ser observado na Figura 04. Um exemplo semelhante ao lançamento da moeda é o de uma pessoa dando 3 passos aleatórios para a direita e/ou para a esquerda ao longo de um eixo orientado.

O caso citado assemelha-se muito com o das moedas, pois a pessoa tem que dar três passos aleatórios para direita ou esquerda. Como isso ocorrerá?

**Figura 4:** Representação do macroestados e microestados para o da caminhada aleatória em uma dimensão.

Fonte 4: Próprio autor.

A orientação deve ser feita através do agrupamento de cada microestado, por exemplo: se a pessoa der 3 passos para direita ela não dará nenhum passo para esquerda, logo esta situação representará um microestado, seguindo a lógica podemos observar que a partir de 8 microestados são gerados 4 macroestados que serão representados pela letra **m**. Sendo que os macroestados com maior probabilidade de ocorrer são aqueles em que são dados dois passos em uma direção e apenas um na direção contrária. Por exemplo dois passos para direita e um passo para esquerda.

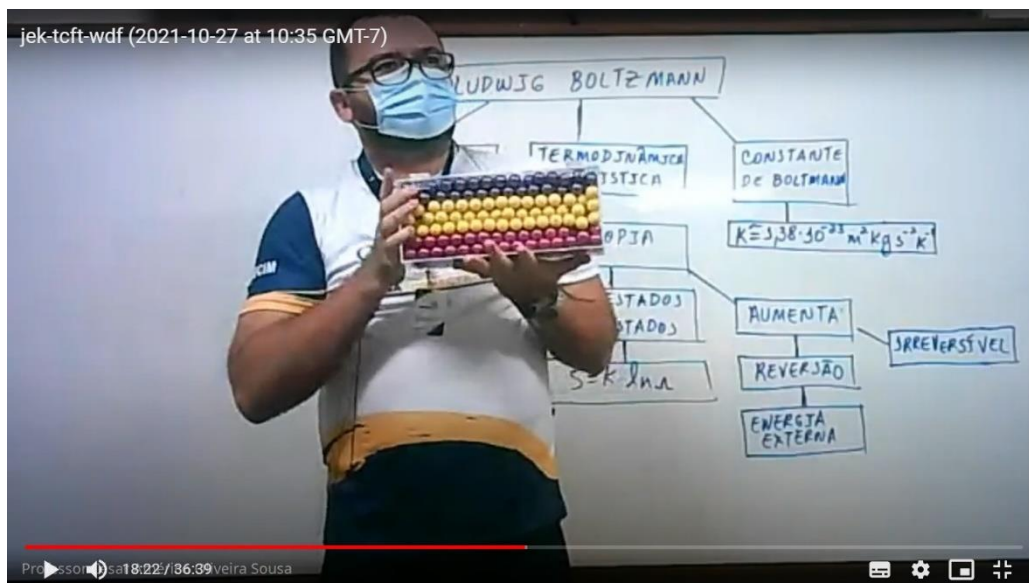
O professor, então, precisou questionar novamente aos alunos: o que é entropia?

Após as explicações, os alunos já demonstravam maior conhecimento sobre esse termo, então o professor trouxe outra informação.

Com uma caixa de acrílico cheia de bolinhas de bijuteria o professor indagou: o que vocês estão vendo agora é algo organizado ou desorganizado?

Os estudantes prontamente responderam: organizado.

Porém a aluna X, que já tinha se pronunciado, ergueu a mão e comentou: “eu já estou entendendo professor, depende do parâmetro escolhido”, a sala de aula começou a interagir entre si e fazer questionamentos que foram devidamente esclarecidos.

**Figura 5:** Material lúdico para o estudo do conceito de entropia.

Fonte 5: Próprio autor.

Logo em seguida o professor agita a caixa e as esferas em seu interior adquirem uma configuração completamente diferente em relação a figura 05. O professor questionou: O que ocorre com a entropia se eu quisesse retomar ao estado representado na figura 04? Os alunos entenderam e prontamente responderam que a entropia aumentaria. O professor orientou, então, que o material mostrado é apenas lúdico e que a entropia deve ser calculada em função da equação de Boltzmann:

$$S = k \cdot \ln \Omega,$$

onde  $\Omega$  é número de microestados e  $k$  é a constante de Boltzmann. Foi destacado ainda que o número de microestados deve ser da ordem do número de Avogadro.

O que chamou a atenção é que tal equação não era de conhecimento dos alunos. Eles relataram que não conheciam o logaritmo natural e tão pouco o número de Euler, assim o professor parou a atividade momentaneamente para ensinar os estudantes a utilizarem a calculadora científica.

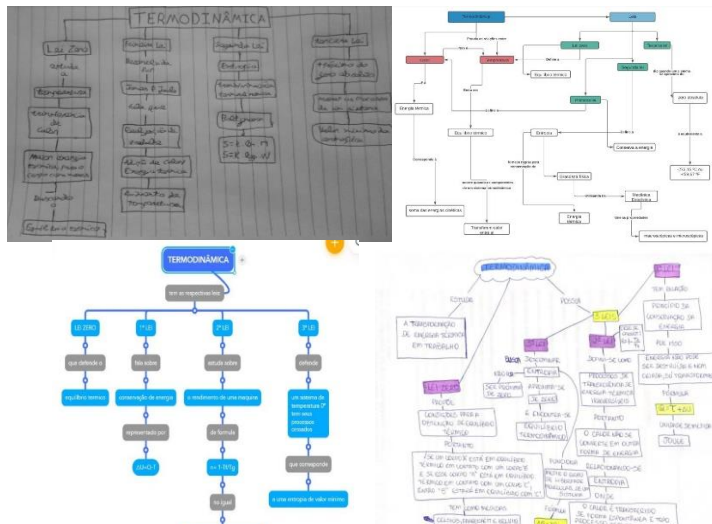
Passada essa etapa, o objetivo agora era diferenciar mapa mental de mapa conceitual, que os estudantes pensavam ser a mesma coisa. Apresentando passo a passo de como construir um mapa conceitual, o professor orientou que o mapa mental é um objeto de estudo individual, enquanto o mapa conceitual é um objeto de estudo mais completo no qual se for repassado para outras pessoas estas deverão entender o que está sendo repassado. A palavra focal escolhida para construção do mapa conceitual que servirá de exemplo será LUDWIG BOLTZMANN. Deve ser orientado que a ligação entre as informações deve ter conectivos para o mapa conceitual ser mais claro. A partir do mapa conceitual apresentado pelo professor deverão ser deliberadas perguntas sobre o assunto por meio de um quiz, utilizando a plataforma Quizizz. Baseando-se no mapa conceitual os estudantes resolveram o quiz e o interessante é que essa plataforma não leva em conta somente as respostas corretas, mas também o tempo necessário para as resolver, o que trouxe uma certa competição em sala de aula pelo primeiro lugar. Vários estudantes tentaram fazer mais de uma vez tentando ser mais ágeis para alcançar o primeiro lugar.

Como atividade remota foi solicitado a construção de um mapa conceitual tratando do termo TERMODINÂMICA, conforme explicado em sala de aula.

## Quarto encontro

O último encontro iniciou com uma pequena reflexão de tudo que foi mostrado e os estudantes foram instigados a dar um posicionamento se havia sido apropriado participar do projeto de pesquisa. Em sua maioria absoluta eles disseram que sim. Outro fato relatado pelos estudantes é que não conheciam o mapa conceitual, apenas tinham trabalhado com mapas mentais em outras disciplinas, mas em física tinha sido a primeira vez. A figura 06 apresenta uma pequena amostra de 04 mapas conceituais produzidos pelos estudantes.

**Figura 6:** Amostra de mapas conceituais produzidos pelos estudantes.



Fonte 6: Próprio autor.

## Aplicação do questionário final

O questionário final é composto pelas seguintes perguntas:

- 1- Qual a sua opinião sobre a aplicação da sequência didática no âmbito do Ensino híbrido?
- 2- A forma como os conteúdos foram apresentados seguiram uma sequência lógica de forma a promover uma interação entre o seu conhecimento sobre o assunto e o conteúdo a ser ensinado?
- 3- Qual das atividades lhe chamou mais atenção, de forma a fazer você se entusiasmar a se aprofundar no conteúdo?
- 4- O mapa conceitual facilitou o entendimento do conteúdo? Se não, o que você indicaria para os professores para facilitar o processo de ensino aprendizagem?
- 5- Como você caracteriza essa sequência quanto ao seu potencial de promoção da aprendizagem?

De maneira geral o questionário final trata da percepção dos estudantes quanto a aplicação da sequência didática. Vejamos agora algumas respostas fornecidas pelos estudantes. Sobre a importância da sequência didática: O aluno X respondeu: “Acho que apesar das dificuldades enfrentadas pelo contexto da pandemia, a didática foi eficiente na medida do possível”. O aluno Y opinou: “Durante esse período da pandemia todas as atividades educacionais de todas as matérias sofreram o impacto de não ter o ensino presencial”. “Apesar disso, acredito que a sequência didática foi muito bem aplicada e nos ajudou a obter conhecimentos úteis para a compreensão e aplicação dos conceitos físicos da termodinâmica tanto no Enem quanto no cotidiano”.

Das atividades desenvolvidas ao longo da sequência didática de acordo com os estudantes a mais interessante foi o mapa conceitual, pois eles nunca tinham trabalhado essa técnica de aprendizagem. O aluno X relatou: “Com certeza facilitou o entendimento. Os principais pontos da

matéria, dispostos no mapa conceitual, foram essenciais para um entendimento mais rápido e embasado. A forma simples e ao mesmo tempo completa com a qual o conteúdo foi exposto ajudou na compreensão dos conceitos”.

O aluno A descreveu: “Com certeza, foi uma construção progressiva e por etapas, de modo que mesmo os conteúdos mais complexos puderam ser compreendidos em virtude da base que foi sendo construída ao longo das aulas”.

Para o aluno B: “A dinâmica com as bolinhas dentro das caixas. Num primeiro momento, com um olhar leigo, acreditei que o conceito subjetivo de organização puramente visual seria suficiente para explicar a entropia do sistema, ao longo da dinâmica percebi o quanto essa matéria é interessante e como ela é capaz de nos fazer pensar "fora da caixa" para entender conceitos tão importantes”.

O professor então pediu sugestões para futuras melhorias no trabalho e perguntou sobre a eficiência do mapa conceitual quanto a aprendizagem.

Segue uma pequena amostra das respostas: aluno M: “sim, visto que o mapa conceitual desempenha o papel de resumir de forma sintática um conteúdo, com o intuito facilitar um retorno após um tempo. Além de ser comprovado cientificamente a facilitação da aprendizagem por meio da escrita do conteúdo determinado”; aluno R: “sim, indico aplicarem atividades que faça o aluno ir atrás, pesquisar e aumentar seus conhecimentos”; aluno T: “Facilitou, no entanto, recomendaria mais o mapa mental que o conceitual” e por fim o aluno A afirmou que: “sim, me incentivou a estudar mais profundamente para organizar de forma mais resumida o mapa, já que é um método que foca bastante em destrinchar o tema abordado.”

Em termos gerais, de acordo com os dados relatados no questionário final a sequência didática foi uma experiência nova e muito proveitosa em termos de aprendizagem para os estudantes.

## CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o uso do ensino híbrido juntamente com elementos da sala de aula invertida foram fundamentais para o desenvolvimento desta sequência didática abordando a entropia Boltzmann. Apesar das dificuldades ocasionadas pela pandemia de covid 19, de o assunto ser incomum para os estudantes e do fato da sala de aula, inicialmente, está no sistema rotacional de alunos (sistema híbrido) o projeto obteve participação satisfatória por parte dos estudantes. Aqui é possível destacar a relevância das tecnologias que possibilitaram a realização de diversas das atividades presentes neste trabalho. Observou-se ainda que a aplicação de metodologias ativas de ensino alinhadas com uso material lúdico, vídeos ilustrativos e da elaboração de mapa conceitual pode promover incremento no aprendizado dos estudantes. Conceitos complexos como os de níveis de energia, microestados, macroestados e entropia foram transmitidos de forma clara através de exemplos simples trazendo confiança aos estudantes.

O engajamento dos estudantes ao longo das atividades mostra que estratégias como essas podem ser usadas no ensino de Física, pois contribui na formação dos estudantes. A escolha do assunto tratado nesse trabalho nos remete a uma reflexão sobre o currículo no ensino médio. Não seria hora de uma reformulação? Talvez a abordagem de temas mais sofisticados e contemporâneos seja de alguma forma mais instigante para os estudantes no ensino médio.

Por fim vale destacar que esse trabalho foi possível graças a ciência, que em menos de 2 anos foi capaz de trazer para o mundo esperança com as vacinas descobertas, fato este que ajudou muito na realização do projeto, pelo fato de todos os envolvidos estarem devidamente vacinados e

fazendo uso de máscara. Ao finalizar o presente trabalho o sentimento é de satisfação com os resultados alcançados e com a aplicação presencial do produto educacional proposto e desenvolvido.

## Referências

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

BRONCKART, Jean- Paul. **Atividade de linguagem, textos e discursos: por um interacionismo sócio-discursivo**. 2. ed. São Paulo: Educ, 2003.353 p.

DOLZ, Joaquim; SCHNEUWLY, Bernard. **Gêneros e progresso na expressão oral e escrita: elementos para reflexões sobre uma experiência suíça (francófona)**. In: SCHNEUWLY, Bernard; DOLZ, Joaquim. (Org.). *Gêneros orais e escritos na escola*. Campinas: Mercado de Letras. 2004. p. 41-70.

EMILIANI, Alberto. **Mappe concettuali, uno strumento per la promozione dell'apprendimento significativo**. Funzioniobiettivo, 1997. Disponível em: <<http://www.funzioniobiettivo.it/glossadid/Concetti%20e%20mappe%20concettuali.htm>>. Acesso em: 10 set. 2020.

**GRF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Leituras de Física: Eletromagnetismo**. Instituto de Física – USP, 1998. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletromagnetismo.html>> Acesso em 20 jan. 2022.

MAZUR, Eric. **Peer Instruction: a user's manual**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997. 24 p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3. 2000. Lisboa. Atas... Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005. p. 33-45.

MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

NOVAK, J. D. **Aprender criar e utilizar o conhecimento: mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas = Learning, creating and using knowledge**. Lisboa: Plátano Editora, 2000. 252 p.

PIAGET, J.. **Para onde vai à educação?** Rio de Janeiro: José Olímpio, 2007.

TAVARES, R.. **Aprendizagem Significativa**, Revista Conceitos N55 Página10, 2004.