

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**Luís Galileu G. Tonelli**

**Uma proposta para a introdução dos plasmas no estudo  
dos estados físicos da matéria no Ensino Médio**

Porto Alegre  
2014

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física

**Luís Galileu G. Tonelli**

**Uma proposta para a introdução dos plasmas no estudo  
dos estados físicos da matéria no Ensino Médio**

Dissertação de mestrado realizada sob orientação do Prof. Dr. Marco Antônio Moreira e apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da UFRGS, em preenchimento parcial aos requisitos para a obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Física.

Porto Alegre

2014

Dedico este trabalho à minha mãe que sempre me deu todos os incentivos e condições para que eu progredisse nos estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

### **Agradeço**

**Primeiramente a Deus pelo dom da vida.**

**A minha mãe, por todo o encorajamento, incentivo e dedicação.**

**Ao meu pai, pelas inúmeras conversas que ajudaram a moldar o meu caráter.**

**A minha esposa, filha e filho por estarem sempre ao meu lado nas horas difíceis e respeitarem os momentos que foram dedicados a este trabalho.**

**Aos amigos que encontrei no curso e fizeram essa caminhada mais fácil.**

**Aos meus amigos de longa data pelos exemplos.**

Não se pode ensinar nada a um homem; só é possível ajudá-lo a encontrar a coisa dentro de si.

Galileu Galilei

## Resumo

A presente dissertação trata de um relato de experiência da aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), tendo como base o ensino dos Estados Físicos da Matéria em especial focando o estudo dos plasmas. A UEPS em questão foi aplicada com alunos do 2º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Reynaldo Affonso Augustin da cidade de Teutônia – RS. O principal referencial teórico para o trabalho seguiu especificamente os princípios de UEPS propostos por Moreira que levam a etapas que buscam promover a aprendizagem significativa. Também foram levados em conta os preceitos da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Os resultados obtidos através da aplicação das UEPS permitiram observarmos uma evolução nos significados atribuídos aos conceitos envolvidos em relação aos que os alunos apresentavam anteriormente ao trabalho, tanto quanto à visão de cada um em relação aos estados físicos como em relação ao plasma, que era desconhecido da maioria. Ficou evidente também o interesse dos alunos pelo tema, dada às inúmeras buscas e pesquisas que os mesmos fizeram extraclasse sem que fossem solicitadas pelo professor.

## Abstract

This dissertation describes the experience of applying a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU) to teach the Physical States of Matter topic focusing on the study of Plasma. THE PMTU was used with second year high school students of the State School Reynaldo Affonso Augustin in the town of Teutônia, RS, Brazil. The main theoretical framework of the study was that one proposed by Moreira when designing the PMTUs, leading to a sequence of steps aiming at meaningful Learning of a given topic. In addition, the basic principles of David Ausubel's Meaningful Learning Theory were also taken into account. Findings gathered in the application of the Plasma PMTU suggested an evolution of the meanings assigned by the students to the concepts involved in the teaching unit when compared to their previous knowledge regarding to states of matter in general and specially to plasma, which was unknown by most of them. It was also evident that the students became quite interested in the subject, given the many extraclass searches they carried out without being asked by the teacher.

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Aprendizagem significativa segundo David Ausubel.....	12
2.2 A elaboração da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.....	14
2.3 Perfis conceituais acerca dos estados físicos da matéria.....	18
2.4 Literatura didática disponível sobre plasmas.....	19
2.5 Uma avaliação dos livros didáticos de Física do Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio.....	21
2.6 Estudos com as UEPS.....	22
3 DESENVOLVIMENTO DAS UEPS: MATERIAIS UTILIZADOS.....	23
3.1 Metodologia utilizada.....	23
3.1.1 Público alvo.....	23
3.1.2 Etapas do trabalho.....	24
3.2 As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.....	24
3.2.1 Proposta de UEPS para ensino de estados físicos da matéria com ênfase em plasmas.....	26
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	29
4.1 Produção dos mapas mentais.....	29
4.2 Situações-problema reais discutidas.....	32
4.2.1 Vídeo palestra.....	34
4.2.2 Produção dos cartazes.....	36
4.3 Aplicativo <i>States of Matter</i> .....	43
4.3.1 O <i>Joint European Torus</i> .....	45
4.4 <i>Plasma: dos antigos gregos à televisão que você quer ver</i> .....	45
4.5 Utilizando mapas conceituais.....	46
4.6 Diferenciando através de notícias.....	53
4.7 Avaliação final.....	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS.....	63
APÊNDICE (Texto de Apoio ao Professor de Física) .....	65
ANEXO (CDROM)	



## Capítulo I

### INTRODUÇÃO

Durante sua longa experiência como professor de Física no Ensino Médio, o maior objetivo do autor sempre foi fazer com que os alunos gostassem de Física por verem na disciplina muito mais do que apenas cálculos e fórmulas matemáticas com o objetivo de encontrar apenas um número como resposta a uma pergunta bem específica. Sempre viu na Física, e em seus conteúdos, uma possibilidade de aumentarmos nossa compreensão do mundo que nos cerca, principalmente no que diz respeito a compreender as transformações tecnológicas que passamos e as que estão por vir.

Acredita ainda que para que a apropriação do conhecimento aconteça de forma que o aluno possa posteriormente utilizá-lo é preciso que este conhecimento seja significativo para o mesmo. Para tanto, envolver o aluno com a produção do saber passa a ser também importante e desta forma fomentar nele o interesse apontando situações em que este conhecimento possa ser útil, é fundamental na sua visão.

Transformar o professor em um mediador da discussão, e não apenas um transmissor de informações e um avaliador do processo, pode também aproximar mais o aluno do conhecimento, à medida que este não se sinta mais pressionado a fornecer uma resposta correta acerca de um determinado tema. Também o professor fica mais disponível assim, livre da carga de provedor de respostas corretas, para ajudar o aluno e negociar significados para os conteúdos.

As transformações que a educação no Brasil vem passando como, por exemplo, a implantação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM),

apontam a necessidade de buscarmos novos caminhos. Devemos pensar, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), no desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos para que, além da resolução de problemas clássicos encontrados nos vestibulares, situações-problemas reais possam ser confrontadas com visão crítica, visando tomadas de decisões. Os PCNs mencionam ainda o desenvolvimento de habilidades, tais quais, a capacidade de selecionar, analisar, interpretar e relacionar informações e dados. Que o aluno seja capaz de interpretar dados e tabelas que vão além das tabelas das aulas de Física, sendo assim a educação deve ampliar a visão de mundo do aluno e não restringi-la a apenas à resolução matemática de problemas substituindo letras por números em algoritmos.

Com base nisto o presente trabalho propõe uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS; Moreira, 2011) para se trabalhar os Estados Físicos da Matéria e introduzir o estudo dos Plasmas na 2<sup>o</sup> série do Ensino Médio de uma forma mais profunda que promova também debates relacionados à atual busca por fontes alternativas de energia, e mostre que a pesquisa, e para tal o seu custo, não se configura como gasto e sim como investimento. Há também a tentativa de introduzir uma nova ferramenta junto com o estudo dos estados físicos, que pode vir a ser utilizada para potencializar o aprendizado não só em Física, mas também em outras disciplinas, os Mapas Conceituais (Moreira, 2006).

A UEPS aqui proposta foi preparada com base nas experiências do autor introduzindo plasmas e o condensado de Bose–Einstein no Ensino Médio desde o ano 2002, quando começou meu trabalho como professor de Física em tal nível de ensino. O tema sempre despertou curiosidade e até espanto por parte dos alunos e por isso pareceu um bom motivador para o estudo da Física e sua aplicação nas tecnologias atuais. Apesar de os jovens se relacionarem de forma intensa com as tecnologias atuais, não as compreendem e o estudo dos plasmas me pareceu um bom ponto de partida. O próprio autor teve seu primeiro contato formal com plasmas durante a preparação das primeiras aulas de Física para o Ensino Médio, tendo passado a graduação sem que o tema fosse abordado nas disciplinas cursadas.

A pouca ou nenhuma informação disponível sobre o tema plasmas nos livros didáticos do Ensino Médio, inclusive dos livros que compõem o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), foi mais um motivador para a escolha do tema como foco da UEPS, que se apresenta como um complemento para o professor que busca aprofundar no assunto e conectar seu aluno com a atualidade. Não cabe aqui, no entanto, um julgamento a respeito dos livros didáticos selecionados para comporem o PNLEM de Física, apenas ressaltar que, quando muito, mencionam os plasmas ou o condensado de Bose-Einstein apenas em um quadro como algo extra.

A opção por uma UEPS reflete o entendimento sobre a necessidade do conhecimento ser significativo para o aluno que é o alvo da aula.

No próximo capítulo é apresentado o referencial teórico, descrevendo os princípios norteadores de uma UEPS, assim como uma breve revisão da literatura sobre ensino do tópico Plasma.

No terceiro capítulo é descrita a UEPS, em si, e sua implementação, ou seja, a metodologia empregada no estudo feito. O quarto capítulo consta da apresentação e discussão dos resultados. No quinto são feitas considerações finais.

O produto educacional resultante deste trabalho está nas páginas finais, anexa à dissertação.

## Capítulo 2

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E BREVE DESCRIÇÃO DA LITERATURA

Aprender Física é muito mais do que estudar fórmulas e resolver cálculos. Estudar Física passa por compreender vários fenômenos que nos rodeiam nos assustando ou nos maravilhando, bem como entender as tecnologias que se fazem cada dia mais presentes em nossas vidas. E nos damos conta que a aprendizagem está acontecendo quando percebemos os alunos capazes de formular hipóteses relacionadas aos fenômenos que observamos. Mas também quando o aluno, segundo Novak (2002), abandona a sua concepção não científica por outra que se espera mais próxima da científica, quando ocorre então a chamada mudança, ou evolução, conceitual.

#### **2.1 A aprendizagem significativa segundo Ausubel**

Todos os alunos já trazem consigo uma bagagem de conhecimentos e com isso diferentes visões de mundo para dentro da sala de aula. A aprendizagem significativa de Ausubel (apud Moreira, 1999), é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona de maneira interativa com algum conhecimento já existente na estrutura cognitiva do indivíduo.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, o novo conhecimento deve se ancorar interativamente em conhecimentos prévios já existentes na estrutura cognitiva do aluno, isto é, em subsunçores relevantes (apud Moreira, 1999). De tal forma que o novo conhecimento estabelece uma relação de ida e vinda com o conhecimento prévio, capacitando o aluno a avançar nos seus saberes.

*Para entender a aprendizagem significativa é necessário saber que experiência cognitiva não se restringe à influência direta dos conceitos aprendidos significativamente sobre*

*componentes da nova aprendizagem, mas abrange também modificações significativas em atributos relevantes da estrutura cognitiva pela influência do novo material, servindo de ancoradouro, incorporando-o, assimilando-o; porém, ao mesmo tempo, modificando-se em função dessa ancoragem. (Moreira, 1999)*

A forma com que a mente humana armazena informações, segundo Ausubel, é altamente organizada e forma uma hierarquia conceitual, onde elementos menos abrangentes conceitualmente ficam ligados a elementos conceitualmente mais abrangentes. A mente humana pode ser comparada a uma caixa de ferramentas com diversos compartimentos, cada qual servindo ao propósito de armazenar um determinado tipo de ferramenta. Cada ferramenta que chega até a caixa é um novo conceito que vai interagir com a estrutura, esse compartimento, e nele se ancorar. O compartimento, ou estrutura, com a qual a ferramenta, conhecimento novo, vai interagir, depende diretamente do tipo de conhecimento prévio disponível. O importante aqui é não ver a caixa de ferramentas como um local para depósito de conhecimento, mas sim como uma estrutura em que cada compartimento estão armazenados diferentes conceitos que vão interagir e determinar a forma com que o novo vai ser incorporado pela estrutura, modificando-se, enriquecendo-a.

Existem dois princípios básicos que são fundamentais para a ocorrência da aprendizagem significativa, segundo Ausubel: *a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa*. Na diferenciação progressiva, conceitos gerais devem ser vistos por primeiro e, então, progressivamente incluem-se conceitos mais específicos e mais restritos. Já para que ocorra reconciliação integrativa é necessário que o aluno relacione as ideias, buscando compreender semelhanças e diferenças entre as mesmas. Além disso, é necessário que o material à disposição do aluno seja pensado dessa maneira, para assim tornar-se potencialmente significativo. De acordo com Moreira (1999):

*Uma das condições para a ocorrência de aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável*

*(ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essas características é dito potencialmente significativo. (p. 156).*

A aprendizagem significativa dá-se, para Ausubel, quando uma nova informação absorvida interage, adquirindo significado, com um conhecimento previamente estabelecido na estrutura cognitiva do aprendiz. E tal conhecimento prévio Ausubel chama de subsunçor. Então, para que uma aprendizagem seja significativa é necessário que a informação recebida seja potencialmente significativa de forma a se ancorar, interagindo, com o conhecimento prévio do aprendiz. Sendo necessário que o aprendiz busque nos conhecimentos prévios subsídios para ancorar a nova informação, dando-lhe significado.

Já a aprendizagem mecânica fica definida para Ausubel como aquela em que a nova informação apenas entra na estrutura do aluno sem que interaja com o conhecimento prévio, sem interação com subsunçores do aprendiz. Estabelece-se assim uma aprendizagem arbitrária e literal, talvez até passível de ser reproduzida em uma prova, mas esquecida logo após. Trata-se de uma aprendizagem onde o aluno apenas é capaz, quando muito, de substituir letras por números em uma fórmula, ou de dar respostas que deixam de fazer sentido físico, ou mesmo são impossibilidades. Na aprendizagem mecânica não ocorrem interpretações ou negociações de significado durante o contato com a nova informação.

## **2.2 A elaboração da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

A elaboração do material didático seguirá especificamente a ideia de *Unidades de Ensino Potencialmente Significativas* (UEPS) proposta por Moreira (2011).

As UEPS são compostas por etapas que buscam promover a aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2011), as UEPS têm como princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino;
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno;
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino;
- essa relação poderá ser quádrlica na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica;
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés de memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono de narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

## **Passos da UEPS**

São oito os passos das UEPS, conforme Moreira (2011), cabendo ao professor buscar a melhor forma de segui-los:

1. definir o tópico a ser abordado, identificando os aspectos declarativos e procedimentais de acordo com o tópico escolhido;
2. criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, situação-problema, etc. - que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema ainda que introdutórias devem envolver, desde já, o tópico a ser ensinado; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas para isso o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino,..., mas sempre de modo acessível e problemático, isto é, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, isto é, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição seguida de atividade colaborativa em



pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (isto é, aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de uma breve exposição oral, de um recurso computacional, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, e deve necessariamente envolver negociação de significados e mediação do professor;

6. concluindo a unidade, dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser uma breve exposição oral, leitura de um texto, recurso computacional, audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em nível mais alto de complexidade em relação às situações anteriores, essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do professor;

7. a avaliação da aprendizagem decorrente da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação anotando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo da mesma; além disso, deve haver

uma avaliação somativa após o quinto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na área; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (registros do professor) como na avaliação somativa;

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

### **2.3 Perfis conceituais acerca dos estados físicos da matéria**

Um bom plano de aula, que visa promover uma mudança conceitual, deve levar em consideração a bagagem de conhecimentos do aluno e para tanto é importante que se tenha uma ideia das concepções prévias do aprendiz, que para Ausubel trata-se do fator isolado que mais influencia a aprendizagem do tema a ser ensinado (apud Moreira, 1999). E com essa informação podemos prever de antemão os obstáculos e dificuldades possíveis ao processo de aprendizagem.

Para Mortimer (2006) existem três perfis conceituais básicos para alunos quando tratamos do tema estados físicos da matéria. O autor discute ainda os obstáculos possíveis de serem encontrados pelos professores, ao tentarmos ensinar os conceitos e vê o conhecimento de tais obstáculos como tarefas-chaves para promover a mudança conceitual. Os perfis estabelecidos para os estados físicos da matéria podem ser divididos em três; sensorialista, substancialista e um terceiro perfil conceitual relacionado à atomística clássica.

No perfil sensorialista, a matéria é vista como algo contínuo e a manifestação dos estados físicos está diretamente ligada à aparência externa e aspectos sensoriais dos materiais. O sólido é visto como algo duro e palpável, podendo ser segurado. O líquido é visto como algo mole que escorre e não se

pode segurar. O gás passa a ser algo invisível e intocável impossível de ser sentido, que se espalha pelo ambiente ou atmosfera (Mortimer 2006).

No modelo substancialista, onde se veem as partículas com características de matéria como se os próprios átomos pudessem estar sólidos, líquidos ou gasosos. Aqui os estados físicos são classificados usando-se a ideia de forma e volume. O sólido apresenta forma física definida e volume não variável. O líquido não apresenta forma física definida assumindo a forma física do recipiente no qual estiver inserido e seu volume ainda não varia. Já o gasoso nem possui forma física definida, nem volume definido, assumindo a forma física do recipiente e ocupando todo o volume disponível.

Dentro do perfil substancialista a analogia entre o macroscópico e o microscópico é para Mortimer o maior obstáculo epistemológico a ser enfrentado. E enfatiza que mesmo o aluno que apresenta concepções de atomismo, pode não reconhecer a existência de vazio entre as partículas e apresentar traços sensorialista, onde a matéria é vista como algo contínuo.

No terceiro perfil conceitual de Mortimer, relacionado diretamente à atomística clássica, podemos observar características mútuas entre os estados físicos e sua diferenciação não se faz mais apenas com base nas características externas. Aqui o que diferencia os estados físicos está ligado a sua estrutura microscópica e relacionado ao movimento intrínseco de suas partículas e energia interna.

Mas Mortimer chama ainda a atenção para as limitações do atomismo clássico por apresentar algumas características substancialistas, heranças de suas raízes mecanicistas e sugere que os estados físicos da matéria sejam vistos também através de uma visão mecânico-quântica, fazendo referência a materiais que apresentam propriedades novas. Aqui se encaixa exatamente o estudo dos plasmas.

## 2.4 Literatura didática disponível sobre plasmas

Infelizmente os livros didáticos disponíveis a professores e alunos do Ensino Médio se restringem, quando muito, a uma nota sobre plasmas dentro de um pequeno quadro, muitas vezes no rodapé de uma página.

No entanto existe material em forma de Texto de Apoio ao Professor de Física como o texto **O Quarto Estado da Matéria**, do Professor Doutor Luiz Fenando Ziebell (2004), do Instituto de Física da UFRGS, no qual é discutido e introduzido o conceito de plasma como um possível estado de organização da matéria, suas aplicações e ocorrência na natureza.

Na apresentação da sua ocorrência na natureza ficam claras as inúmeras situações que nos envolvem e dependem do comportamento de materiais que se apresentam no estado de organização de plasma. Podemos citar diretamente a influência da formação de plasmas com a interação entre o vento solar e o nosso campo magnético, que em momentos de grande atividade solar chegam a afetar nossas comunicações na Terra, pois atingem a camada chamada de ionosfera, responsável direta pela reflexão das ondas eletromagnéticas usadas na nossa comunicação.

O texto expande ainda a discussão para uma aplicação interessantíssima dos plasmas na fusão nuclear e geração de energia de forma limpa e segura para as necessidades humanas, pois tal processo de fusão não envolve elementos radioativos e sim basicamente funde átomos leves, de hidrogênio, por exemplo, podendo a água ser fonte de tal matéria prima.

Os autores Felipe Damasio e Gilberto Calloni (2008) no artigo publicado na Revista Física na Escola, **Plasmas: dos antigos gregos à televisão que você quer ver**, discutem desde a atomística até a aplicação de plasmas nos televisores e lâmpadas fluorescentes. Focando também o desconhecimento das pessoas a respeito do assunto plasmas, apesar da palavra plasma já fazer parte do cotidiano das pessoas, principalmente em função do aparelho de televisão de plasma estar inserido em muitas de nossas casas.

Existem ainda algumas tentativas de se ensinar estados físicos da matéria abordando como tema motivador o plasma, dentro de Instituições de Ensino Superior no país, como a realizada por alunos da USP em trabalho intitulado **Além dos três estados da matéria**, elaborado pelos alunos Ângela Maria Coelho Alves, Eduardo Rodrigues Calderon, Margarete Monteiro Santos e José Jesus Cherrin Fernandes (2004). No trabalho **Proposta para inserção do estudo do plasma no Ensino Médio: ensino, avaliação e opinião de alunos e professores**, os autores Márcio Rennan Santos Tavares, Umberto Gomes da Silva Júnior e Paulo Henrique Almeida da Hora (2009), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, também propõem o plasma como assunto motivador de aprendizagem, porém desta vez nas aulas de Química.

Nestes trabalhos, em comum, são apresentados os estados físicos da matéria utilizando-se de atividades, slides e propondo experimentos a serem realizados com base no tema. Porém, os projetos não parecem ter sido aplicados experimentalmente, não apresentando, assim, discussões a respeito do sucesso ou fracasso e, por consequência, sugestões para possíveis melhorias das unidades propostas.

Fica evidente também que o estudo dos plasmas, seja pela Física ou pela Química é um tema atual e de interesse tanto para o professor como para o aprendiz, podendo sim ser um grande motivador de aprendizagem e, se utilizado adequadamente, aproximar as novas tecnologias da sala de aula e do próprio aluno como querem os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs).

## **2.5 Uma avaliação dos livros didáticos de Física do Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio**

Os livros didáticos de Física, aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) 2006 e que se encontravam em vigor durante a aplicação da UEPS aqui proposta, foram muito bem avaliados pela autora Guaracira Gouvêa no artigo **Currículo, Livro Didático e Ensino de Física** (Gouvêa, 2008). Ficam claras, no artigo, algumas limitações dos livros

didáticos, mas também a importância dos mesmos como (...) “documento de uma época e da história da disciplina escolar Física, constituindo-se em um objeto cultural do seu tempo” (ibid.). Dentre as limitações observadas pela autora, chama a atenção a menção de os livros didáticos de Física não levarem em consideração a dimensão social local, assim como também a visão das tecnologias apenas como meros solucionadores de problemas.

A tecnologia é muito mais do que apenas uma ferramenta para a solução de problemas, Gouvêa chama a atenção para a dimensão que os aparatos tecnológicos têm na organização das práticas sociais contemporâneas. Sendo assim, os plasmas, fonte central da UEPS aqui proposta, são muito mais do que apenas uma tecnologia a ser aplicada. Por isso a UEPS além de estudar a aplicação de plasmas, procura propor uma discussão dos impactos da introdução desta tecnologia na vida cotidiana, assim como a importância de se realizar pesquisas para a ciência.

O artigo ainda abre um questionamento de como o cruzamento entre a linguagem das mídias modernas, cultura escolar e cultura da física nos livros didáticos, promovendo a contração da leitura, irá interferir no processo ensino-aprendizagem.

## **2.6 Estudos com as UEPS**

A proposta das UEPS é bastante recente e até a implementação desta experiência com a temática plasma não havia publicações a respeito. No artigo descrevendo as UEPS, Moreira (2011) apresenta exemplos em Física de Partículas e em Mecânica Quântica que estariam sendo usados no Ensino Médio, mas ainda sem resultados publicados.

Passamos agora ao relato da UEPS sobre plasma e sua implementação

## Capítulo 3

### DESENVOLVIMENTO DA UEPS: MATERIAIS UTILIZADOS

Neste capítulo faz-se um relato de materiais utilizados, produzidos e da metodologia empregada.

#### 3.1 Metodologia utilizada

##### 3.1.1 Público alvo

O público alvo foram duas turmas (203 e 204), sendo que a turma 203 era composta por 22 alunos e a turma 204 por 17 alunos, totalizando 39 alunos da 2ª série do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Médio Reynaldo Affonso Augustin do município de Teutônia, Rio Grande do Sul, durante o terceiro trimestre letivo dessa escola.

A escolha das turmas não se deu de forma aleatória e sim baseada primeiramente na diferença de turnos. Ambas as turmas eram diurnas, porém a turma 203 tinha suas aulas ministradas na parte da manhã, enquanto as da turma 204 eram ministradas na parte da tarde. As duas se mostravam heterogêneas com grupos que participavam das discussões e grupos que se abstinham de participar das aulas num primeiro momento. Os alunos apresentavam desempenhos variáveis dentro das disciplinas na escola.

Outro fator que foi determinante na escolha das duas turmas foi o horário semanal. Ambas dispunham de um encontro semanal de dois períodos, totalizando 100 minutos semanais de aula.

As outras duas turmas de 2º ano do diurno, turmas 201 e 202, com aulas ministradas pela manhã, tiveram trabalho distinto do realizado pelas turmas 203 e 204 não seguindo assim a mesma ordem empregada nas turmas em que se aplicou a UEPS.

### **3.1.2 Etapas do trabalho**

Por se tratar de uma escola com mais de 1.600 alunos distribuídos em três turnos: manhã, tarde e noite e dispor apenas de duas salas de vídeo, uma sala de informática e dois datashows, a reserva dos espaços e materiais teve de ser feita com grande antecedência. Exceto para a turma 204 no período da tarde onde o número reduzido de alunos no turno permitia uma maior disponibilidade dos espaços e materiais. Algumas aulas acabaram por se estender além do esperado; por isso, também foram necessárias negociações com outros professores que possuíam reservas dos espaços físicos da escola.

### **3.2 As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**

A metodologia toda foi pensada em torno da ideia de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), propostas por Moreira (2011), e da filosofia de que só há ensino se houver aprendizagem e que esta deve ser significativa; o ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino devem ser potencialmente significativos.

De acordo com Moreira, as UEPS devem seguir os seguintes oito passos visando atingir seus objetivos de desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental e cabendo ao professor buscar a melhor forma de segui-los (Moreira 2011). Esses passos foram descritos na seção 2.2 do capítulo anterior. A título de complementação dessa descrição, na Figura 1 é apresentado um mapa conceitual sobre a construção de uma UEPS elaborada por seu autor.



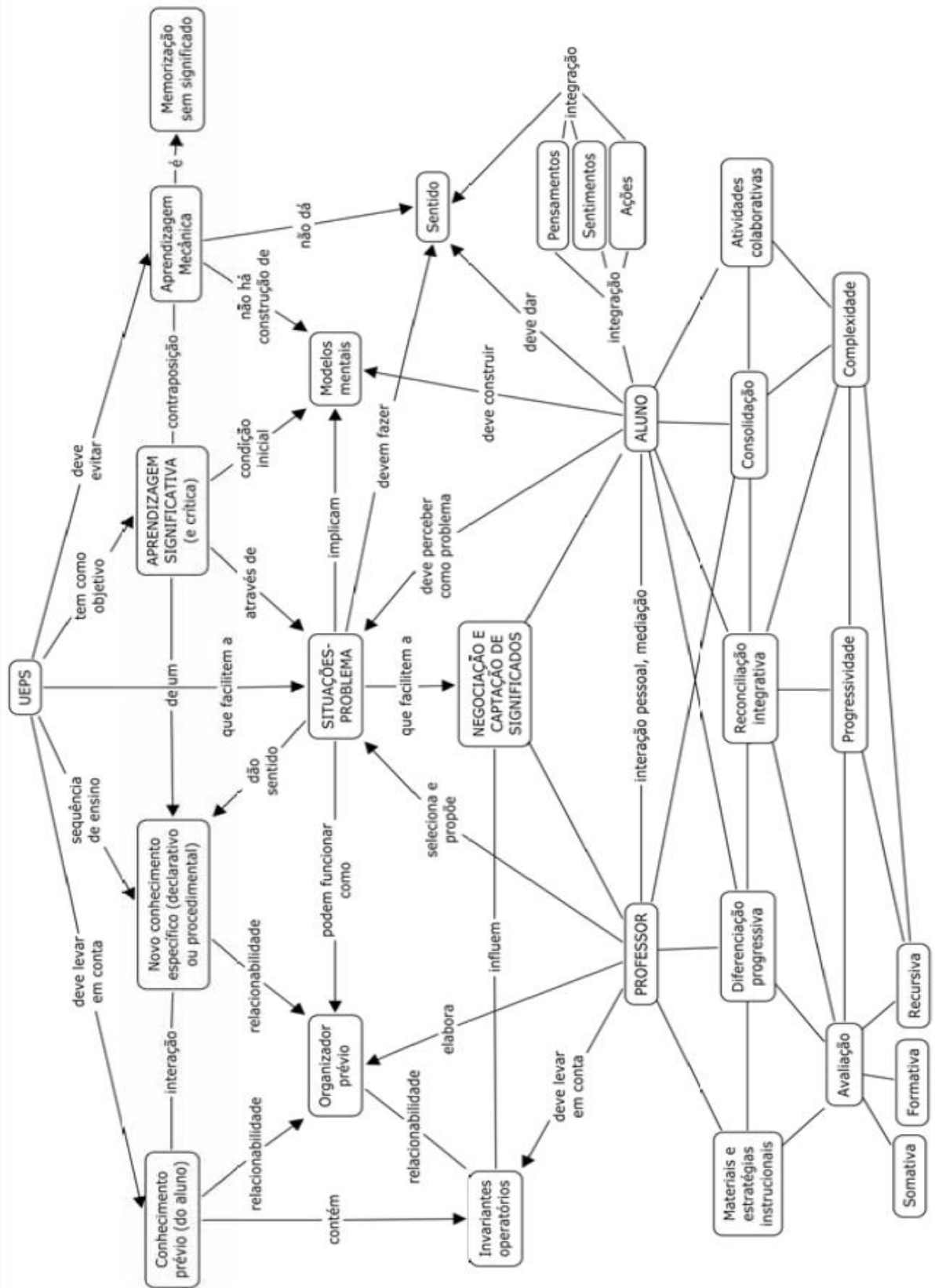


Figura 1 – Mapa conceitual sobre construção de uma UEPS elaborado por Moreira (2011).

### 3.2.1 PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINO DE ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA COM ÊNFASE EM PLASMAS.

#### A UEPS a ser implantada

Objetivo: propiciar aos alunos o entendimento básico sobre plasmas do ponto de vista tecnológico e conceitual, bem como aprofundar o estudo dos estados físicos da matéria.

#### Sequência

1. **Situação Inicial:** incentivar os alunos a expressarem suas ideias sobre a constituição da matéria e das diferenças entre os estados físicos da matéria. Partindo dessas ideias para a construção de um Mapa Mental (Buzan, 2002) em conjunto com a turma. A atividade terá duração de uma aula.

#### 2. **Situações-problema iniciais:**

- a) Quais as diferenças macroscópicas entre os estados físicos da matéria?
- b) Quais as diferenças microscópicas entre os estados físicos da matéria?
- c) Do que os materiais são feitos?
- d) Quantos estados físicos da matéria existem?
- e) Você já leu ou ouviu falar sobre plasmas? O quê? Onde?
- f) Como e por que ocorre uma mudança de estado físico?

As questões serão discutidas em pequenos grupos e depois no grande grupo. Tal debate sendo mediado pelo professor. O objetivo aqui é criar mais um momento para a troca de ideias.

Logo após a discussão, os alunos assistirão o vídeo da palestra do Prof. Dr. Luiz Fernando Ziebell: **Os Plasmas, o que são e onde estão?**, que está disponível em:

Parte 1. [http://www.youtube.com/watch?v=FV\\_HtkYmc-I](http://www.youtube.com/watch?v=FV_HtkYmc-I),

Parte 2. <http://www.youtube.com/watch?v=Ysgo2XCkUlc> e

Parte 3. <http://www.youtube.com/watch?v=CSqYeOa2EKA>

Após o vídeo, será solicitado que os alunos produzam cartazes e/ou maquetes partindo das explicações dadas no vídeo palestra. Os alunos serão incentivados para que os cartazes e maquetes contenham imagens e textos explicativos e os trabalhos produzidos serão expostos na escola e também serão avaliados de forma qualitativa pelo professor. O passo dois tem duração aproximada de 4 aulas.

3. **Aprofundando conhecimentos:** os conceitos envolvendo os estados físicos serão trabalhados através da apresentação do professor usando textos, apresentação de slides e a animação *States of Matter* disponível em: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/states-of-matter>.

Fazendo aqui a introdução do plasma como quarto estado físico da matéria, através da sua aplicação como fonte de energia mostrada no vídeo *Planet Green*, exibido pelo canal *Discovery Channel*. Duração de 2 aulas.

4. **Nova situação:** os alunos receberão o artigo *Plasmas: dos antigos gregos à TV que você quer ver* (Damásio e Calloni, 2008), com o intuito de aprofundar o estudo dos plasmas agora aplicados à produção de televisores, bem como discutir outras prováveis aplicações desse estado físico da matéria.

Após a leitura e debate, os alunos serão instigados a produzirem um mapa conceitual envolvendo os estados físicos da matéria e/ou plasmas. O passo terá duração aproximada de 2 aulas.

5. **Comparando mapas:** aqui os alunos serão levados a uma atividade de comparação dos mapas mentais da primeira aula com os mapas conceituais elaborados na aula anterior. O objetivo é fazer com que o aluno confronte ideias anteriores com as novas e identifique o que abandonou ou acrescentou e porque o fez. Duração 1 aula.

6. **Diferenciando progressivamente:** os alunos receberão diversos artigos relacionados a plasmas, nas mais diferentes aplicações, colhidas no site: <http://www.inovacaotecnologica.com.br>. Isso para promover um aprofundamento no conceito e aplicações dos plasmas. Após a leitura, cada grupo será convidado a comentar o seu artigo com cada um dos outros grupos, propiciando assim mais um momento de troca e discussão de ideias entre os alunos. Duração prevista de duas aulas.

7. **Avaliação individual:** serão propostas questões abertas visando permitir a livre expressão do aluno acerca dos assuntos abordados até aqui. A atividade será realizada a distância.

8. **Aula final e avaliação da UEPS em sala de aula:** análise das respostas às questões individuais de avaliação. Compartilhamento oral de ideias, comentários e sugestões a respeito das estratégias de ensino, focando os pontos mais interessantes das aulas. Duração de duas aulas.

9. **Avaliação da UEPS:** análise por parte do professor, com base nas evidências coletadas ao longo do curso através de observação direta do comprometimento dos alunos, evolução dos resultados dos alunos nas aulas e avaliações acerca dos comentários dos alunos na aula final.

A UEPS tem previsão de se estender por 14 aulas, ou 7 encontros.

Passemos agora à descrição da implementação da UEPS e à apresentação e discussão dos resultados.

## Capítulo 4

### IMPLEMENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O ponto de partida da aplicação da UEPS foi esclarecer aos alunos o objetivo do trabalho que faríamos estudando os estados físicos da matéria e explicar-lhes que, além de ter o objetivo de ensino, o material consistia numa proposta que futuramente serviria também a outros professores como material didático para o ensino de tal assunto, pois era um trabalho realizado dentro de um programa de mestrado profissional em ensino, ou seja, voltado diretamente para o ensino, de Física no caso.

#### 4.1 – Produção dos mapas mentais

Feito este primeiro esclarecimento acerca do tema e forma de trabalho passou-se então a introduzir a ideia de mapa mental (Buzan, 2002) conforme Moreira (2006), tendo em vista que a primeira atividade seria a confecção de um mapa mental dos alunos sobre os estados físicos da matéria. Não apareceram grandes dificuldades no que diz respeito à confecção dos mapas mentais tendo em vista seu caráter livre de associação de ideias.

A atividade com mapas mentais se mostrou bastante útil, trouxe a tona inúmeros temas e palavras, alguns mais conectados com o tema outros talvez menos relacionados com o assunto estados físicos, mas em especial permitiu aos alunos encontrarem suas primeiras limitações na capacidade de associar assuntos ou palavras ao tema estados físicos da matéria. Ficou clara a relação de água com a visão que os alunos têm de estados físicos da matéria. Praticamente em todos os mapas mentais a palavra água apareceu, bem como gelo para caracterizar o sólido. Possivelmente porque as abordagens didáticas para ensino dos estados físicos da matéria usam a água como seu maior exemplo para sólido, líquido e gasoso nos diferentes níveis e séries.

Na turma 203 o mapa mental foi proposto para ser produzido em grande grupo, com toda a turma durante a aula. Foi evidente o espanto causado em alguns por determinadas palavras sugeridas, bem como foi muito interessante escutar a justificativa dada num momento ou outro, devido à escolha de uma ou outra palavra. Algumas das associações, praticamente, obrigavam os alunos a justificá-las. Era visível no próprio aluno a necessidade de se justificar diante da turma, sem que tivesse sido feita tal exigência por parte do professor ou mesmo de colegas.

Tanto na turma 203 como na 204, os alunos rapidamente compreenderam o conceito de mapa mental quanto realizaram a atividade sem que se percebesse nenhuma restrição de sua parte como aprendizes.

A título de ilustração, as Figuras 2 e 3 apresentam exemplos de mapas mentais feitos pelos alunos.



Figura 2 – Exemplo de mapa mental para estados físicos da matéria feito por estudante de Ensino Médio.



Figura 3 – Exemplo de mapa mental para estados físicos da matéria feito por estudante de Ensino Médio.

#### 4.2 – Situações problema reais discutidas

Na aula seguinte foram apresentadas aos alunos as perguntas integrantes da UEPS, como situações-problema iniciais.

- a) Quais as diferenças macroscópicas entre os estados físicos da matéria?
- b) Quais as diferenças microscópicas entre os estados físicos da matéria?
- c) Do que os materiais são feitos?
- d) Quantos estados físicos da matéria existem?
- e) Você já leu ou ouviu falar sobre plasmas? O quê? Onde?
- f) Como e por que ocorre uma mudança de estado físico?

Foi solicitado aos alunos que respondessem as perguntas em pequenos grupos compostos de 3 a 4 participantes num primeiro momento e depois as respostas dos grupos seriam comentadas com o restante da turma. Todas as perguntas foram lidas pelo professor e explicadas a todos os alunos antes que estes iniciassem a atividade.

Alguns alunos encontraram bastante dificuldade em encontrar características macroscópicas dos estados físicos, mas a maioria foi capaz de estabelecer diferenças entre os estados físicos, porém todos se restringiram a caracterizar o sólido, líquido e gasoso. Em alguns casos houve a interferência do professor na discussão em forma de pequenas perguntas auxiliares para ajudar na condução da resposta pelo grupo. Como mediador, o professor tentou fazer apenas interferências pontuais mediando algumas discordâncias nos grupos, sempre se abstendo de dar uma resposta, mas sim instigando a discussão com pequenos questionamentos de forma a mediar e não resolver um impasse.

Um dos grupos da turma 203, formado por quatro meninos surpreendeu bastante ao formular rapidamente características macroscópicas como forma física definida para o sólido, assumir a forma do recipiente no qual está inserido, para os líquidos, e ocupar todo volume disponível no recipiente para os gases. Nenhum dos outros grupos formulou tal resposta sem que fosse necessária mediação ou chegou a tal conclusão tão rápido. Conversando com os mesmos alunos eles disseram que como sabiam qual seria o tema a ser estudado buscaram informações fora da sala de aula.

Na pergunta sobre características microscópicas a intenção era fazer com que os alunos pensassem na estrutura que não se pode ver a olho nú da matéria, ou mesmo na estrutura que não se pode ver nem com auxílio de instrumentos. O objetivo era que o aluno pensasse em que tipo de organização existe para promover mudanças que se pode observar na diferença entre sólidos, líquidos e gases. Levou-se em conta que o aluno possuía alguma noção de constituição atômica e molecular tendo em vista que



no currículo da escola consta a abordagem de tal assunto durante o primeiro ano do Ensino Médio. O que se pode concluir a partir das respostas é que, apesar de os alunos terem visto tal tema num primeiro momento, nas manifestações de alguns grupos as respostas não levavam em conta a ideia de átomo. Novamente se fez necessária a mediação do professor junto aos grupos.

Na questão focando a constituição dos materiais “Do que os materiais são feitos?” todos foram categóricos em afirmar que são de átomos e/ou moléculas, porém no momento de compartilhar a resposta no grande grupo o professor aproveitou para expandir a discussão da pergunta com outros questionamentos dentro do tema. Como, por exemplo, do que é feito uma célula? Quem seria maior, o átomo ou o DNA? O intento não era aprofundar demais na atomística, mas tendo em vista que na pergunta anterior a ideia de átomo estava “deixada de lado”, parecia cabível propor a discussão até tentando desfazer alguma confusão. O que se percebeu é que nem todos tinham clara a relação átomo/molécula/DNA/célula. Mas é possível que a discussão possa ter contribuído em algum nível para aumento da compreensão dessa relação, ou esclarecimento, mesmo que pequeno.

Sobre o número de estados físicos existentes, os grupos afirmaram conhecer três, sólido, líquido e gasoso, mas devido a conversas com o professor em sala de aula em momentos anteriores mencionaram o plasma, porém admitiram não saber nada sobre ele.

Sobre plasma, disseram terem escutado referências em momentos anteriores e relacionaram com aparelhos de televisão de plasma e um aluno mencionou cortadores de metal que utilizam plasma.

Na questão “Como e por que ocorre uma mudança de estado físico?” todos associaram mudança de estado a mudanças de temperatura. Ninguém mencionou influência da pressão sobre mudança de estado físico ou mesmo citou alguma alteração na estrutura interna de organização do material, como afastamento ou aproximação entre moléculas.

Numa avaliação geral, a aplicação do conjunto de questões foi muito positiva tendo em vista todas as trocas de ideias e a negociação de significados que foram observadas. O compartilhamento das respostas dos pequenos grupos com o grande grupo trouxe resultados interessantes por fomentar alguns debates entre os grupos ou mesmo alguns grupos que consideravam suas respostas incompletas puderam utilizar as respostas compartilhadas pelos colegas para complementarem as suas.

#### **4.2.1 – Vídeo palestra**

O vídeo contendo a palestra do Prof. Dr. Luiz Fernando Ziebell, que estava planejado para ser exibido logo após a discussão das questões, teve de ser adiado para a aula seguinte, já que o debate das questões se estendeu pelos dois períodos de aula de ambas as turmas. O que não pode ser classificado como ruim, pois mostrou o comprometimento dos alunos com o tema e com o seu aprendizado.

O vídeo palestra foi exibido na turma 204 antes da turma 203 e estava planejado, primeiro a exibição e depois a sua discussão, mas tendo em vista algumas perguntas que surgiram durante a exibição da palestra para a turma 204 optou-se por fazer intervenções durante o vídeo. Nos momentos em que se faziam necessárias as intervenções, como por exemplo, quando o Professor Ziebell menciona campos magnéticos e a interação de partículas carregadas com o mesmo, assunto que ainda não havia sido visto pelos alunos, o vídeo era pausado e então feita uma explicação breve, porém um pouco mais detalhada de forma a permitir uma melhor compreensão. As intervenções durante o vídeo foram mais tarde elogiadas pelos alunos por trazerem mais subsídios para a compreensão da palestra.

A palestra surtiu um efeito imenso nos alunos tendo em vista seus comentários posteriores que mencionavam uma série de fatos, para eles inusitados. Destacam-se entre os fatos mais comentados a importância para

eles de verem como um professor do ensino superior e pesquisador leciona, isso porque muitos almejam o ensino superior e muitas vezes não sabem o que os aguarda. Debateram muito o ponto onde o professor Ziebell aponta as pesquisas feitas na área de plasmas tanto no exterior quanto no Brasil. Perceberam então certa defasagem na pesquisa brasileira em relação à realizada por outros países e começaram a debater a origem dessa defasagem. E aqui foram capazes de transcender o conteúdo e começaram a estabelecer questionamentos quanto a investimento em pesquisa e sua necessidade.

A turma 203, principalmente, mergulhou em um debate sobre como a pesquisa é vista como gasto, quando na verdade deveria ser vista como um investimento, que futuramente poderia trazer inclusive lucros para o país além de desenvolvimentos que poderiam desencadear mais e mais interesse nas áreas sobre tecnologias.

Mas também se espantaram de como é grande a presença dos plasmas no nosso cotidiano, sem que tivessem se dado conta de tal fato antes. E mostraram entender a importância de tal assunto e sua necessidade como tema dentro do Ensino Médio. Vários alunos mencionavam repetidamente a informação dada no vídeo de que aproximadamente 99% da matéria do universo se encontra no estado de plasma.

Percebe-se que quando o assunto passa a ser do interesse dos alunos, as discussões e as atenções dos mesmos ficam todas voltadas para o tema da aula. E foi o que se observou durante a exibição do vídeo em questão. Ambas as turmas estavam querendo mais informações sobre o tema plasmas.

#### **4.2.2 – Produção dos cartazes**

A atividade proposta na sequência, produção de cartazes e/ou maquetes sobre o tema, confirmou isso sem sombra de dúvidas. Trabalhos muito bem

apresentados e executados foram vistos. Todos os alunos de ambas as turmas procuraram fazer mais do que o sugerido pelo professor e sozinhos buscaram soluções muito inteligentes para a produção dos seus trabalhos.

A proposta de uma atividade aberta, com poucas regras, sugerindo apenas o tema e dando como sugestões a confecção de cartazes e/ou maquetes mostrou-se muito interessante aos alunos, tendo em vista que inúmeros comentários mencionavam pesquisas que os alunos realizaram e ficaram explícitas tanto no momento de apresentação, dado o nível de compreensão que mostraram, quanto no período que foi posto à sua disposição durante a aula para que pudessem se organizar e planejar a atividade.

Começando a análise dos trabalhos pelos feitos na turma 203, podemos reiterar o interesse que se relatou perceber nos alunos, dada a criatividade e riqueza de informações disponíveis, informações que o professor pôde usar para analisar o nível de compreensão demonstrado pelos grupos acerca do tema, bem como pontuar qual parte do trabalho até aqui está mais claro, o que mais chamou a atenção dos alunos.

O interesse de um grupo ficou demonstrado quando optaram por um cartaz com toques de maquete e principalmente no momento em que propuseram um experimento para demonstrarem a sublimação da naftalina, como pode ser visto na Figura 4.



Figura 4 – No alto da figura alunos preparando experimento de sublimação da naftalina na cozinha da escola, ao centro o resultado do experimento mostrando a naftalina sublimada e embaixo o cartaz produzido pelo grupo buscando demonstrar os estados físicos da água.

Na apresentação do cartaz visto na Figura 4 o grupo foi interrogado sobre a propriedade anômala da água, que faz com que abaixo dos 4°C volte a expandir seu volume dada a formação de pontes de hidrogênio quando o estado de agitação médio das moléculas diminui. Afirmaram não ter lembrado do fato no momento da confecção do cartaz e se prontificaram a realizar a modificação no esquema de distribuição das moléculas elaboradas por eles, já

que nas moléculas distribuídas na maquete não levaram em conta o efeito da formação de pontes de hidrogênio entre as moléculas de água.

Foi possível verificar aqui a sinceridade, e até a tranquilidade, em comentarem o esquecimento, sabendo que a atividade aqui não estava sendo realizada com o intuito de atribuição de uma nota numérica, mas sim tinha a função de promover o debate e mostrar o que cada um compreendeu sobre o assunto, porém sem a necessidade de avaliação formal com atribuição de conceito.

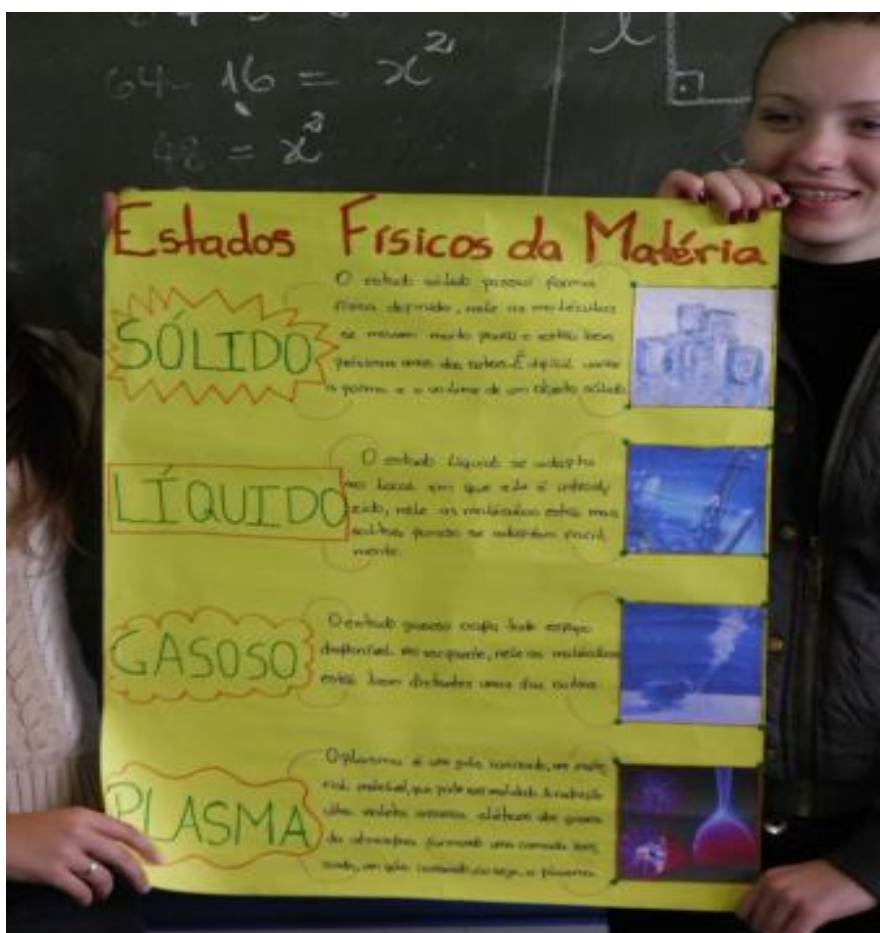


Figura 5 - Cartaz produzido por grupo da turma 203

Outros alunos, no cartaz mostrado na Figura 5, além do uso de imagens à direita e texto ao centro, tentaram passar uma simbologia de estados físicos da matéria através do tipo de contorno utilizado nas palavras sólido, líquido, gasoso e plasma. E justificaram a escolha dizendo que o sólido seria algo mais duro, rígido, o líquido nem tanto, e gasoso e plasma por serem gás “são mais

soltos”, por isso o contorno ondulado. Compararam gasoso à fumaça. Fica claro aqui, o esforço realizado pelos alunos em tentar de várias maneiras diferentes passar o seu entendimento dos estados físicos da matéria.

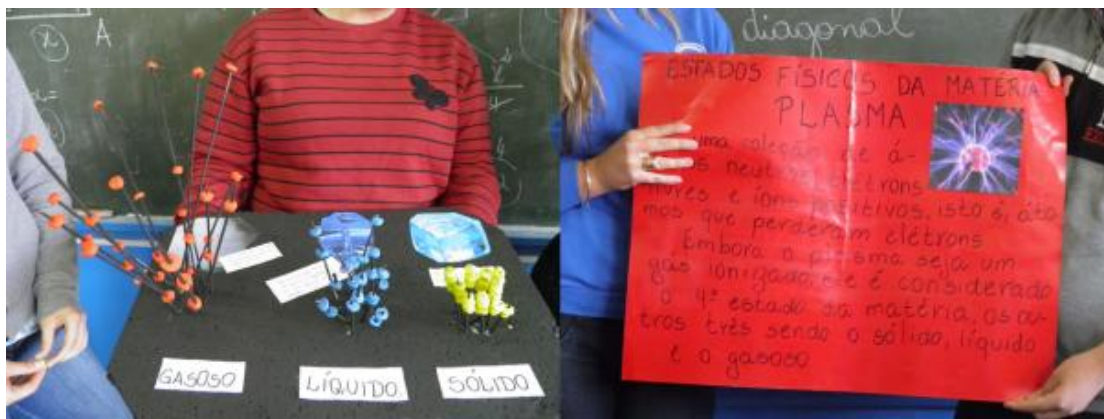


Figura 6 – Maquete sobre estados físicos e cartaz sobre plasmas.

Na Figura 6 os alunos optaram por produzir uma maquete sobre os estados físicos, sólido, líquido e gasoso buscando mostrar a diferença entre estes estados com o distanciamento entre as moléculas representadas por cilindros de massas de modelar presos a palitos, que permitiam aumentar ou diminuir a distância entre as “moléculas” de massa de modelar. E optaram por mostrar o plasma num cartaz com informações e imagem onde, segundo componentes do grupo, na tentativa de representar a alta temperatura de alguns plasmas, optaram pela cor vermelha para a cartolina.

Outro grupo que se destacou confeccionou um cartaz e uma maquete, onde a grande criatividade ao representar os estados físicos da água foi o marco do trabalho. Porém cometeram o mesmo engano que o grupo mostrado na Figura 4. Esqueceram-se da propriedade anômala de dilatação da água e acabaram por não representar a formação das pontes de hidrogênio nas moléculas de água. No entanto, como apresentaram posteriormente à discussão sobre propriedade anômala da água, já haviam se dado conta do engano. Esta é mais uma confirmação da necessidade de momentos para os alunos exporem suas atividades e respostas de forma a promover a aprendizagem. Podemos ver a maquete do grupo na Figura 7.



Figura 7 – Maquete buscando demonstrar os estados físicos da água.

Os trabalhos da turma 204 concentraram-se apenas na produção de cartazes, sendo que dois desses cartazes chamaram bastante a atenção da própria turma. O primeiro, mostrado na Figura 8, teve grande destaque devido ao cuidado no acabamento e pela escolha das cores o que deixou o cartaz bastante vistoso e chamativo. Algo extremamente importante quando se quer passar uma mensagem. O grupo em questão optou por se concentrar nos plasmas para tema principal de seu cartaz.

Outro cartaz que mereceu destaque da turma 204, escolhido pelos próprios alunos foi o mostrado na Figura 9. Os alunos optaram por fixar no cartaz uma lâmpada fluorescente como exemplo de aplicação de um plasma. Além de informações textuais a respeito dos estados físicos da matéria e plasmas, utilizaram-se também de figuras.



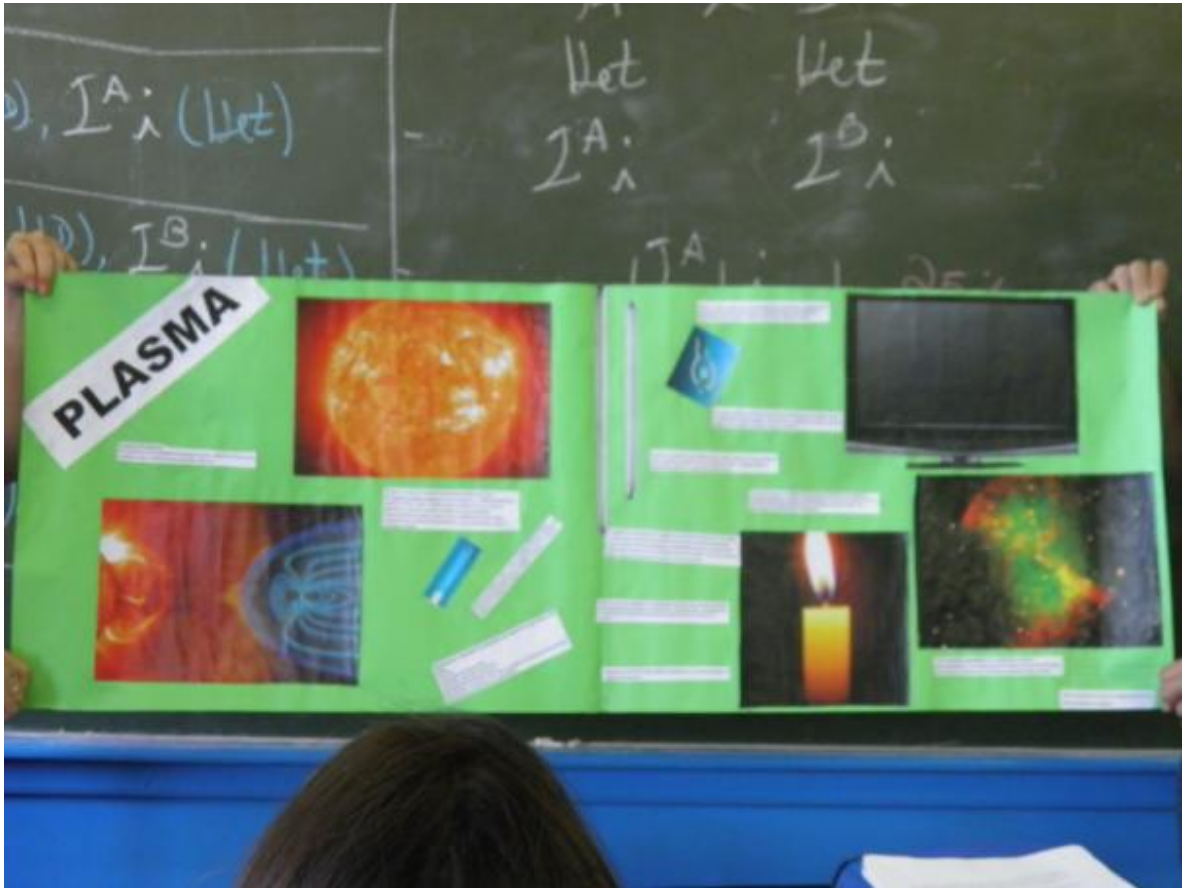


Figura 8 – Cartaz sobre plasmas produzido por grupo de estudantes da turma 204.

Logo após todos os grupos terem apresentado seus respectivos trabalhos, os mesmos foram expostos na escola. Os trabalhos da turma 204 foram apresentados um pouco antes dos trabalhos da turma 203 devido a alguns feriados ocorridos no decorrer do trabalho na turma 203. Vários alunos, inclusive de turmas não envolvidas com a aplicação do projeto, fizeram comentários a respeito do material exposto. Os colegas de escola comentavam sobre a criatividade, a surpresa quanto a algumas informações, principalmente referentes ao desconhecimento em relação ao estado de plasma. E ficou clara a necessidade de expor mais essas atividades na escola, a fim de instigar outros alunos sobre temas que já estudaram, talvez de outra perspectiva, ou mesmo despertar a curiosidade em estudantes que irão trabalhar os assuntos em séries futuras.

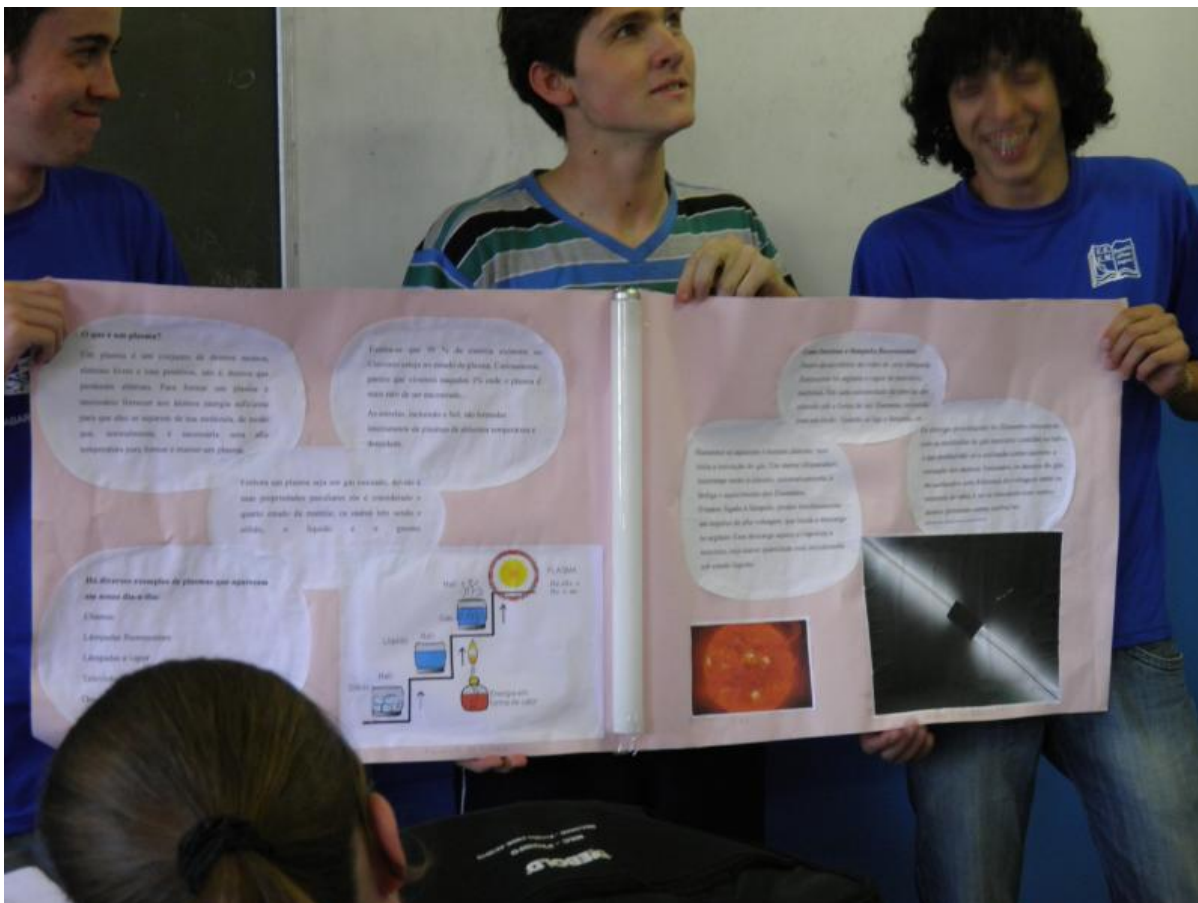


Figura 9 – Cartaz com fluorescente fixada para exemplificar a aplicação dos plasmas.

Sem julgar a criatividade de cada um dos alunos, ou mesmo subestimar a sua capacidade, uma possibilidade para a maior diversidade de trabalhos como maquetes na turma 203, talvez deva-se à oportunidade que tiveram de ver o trabalho realizado pela turma 204 anteriormente. No entanto, ambas as turmas apresentaram grande criatividade, prontidão e disposição para realizarem até mais do que o produzido, o que justifica a escolha feita em aplicar o projeto com ambas as turmas.

Na turma 204 uma dupla apresentou dois cartazes e um deles em especial, chamou a atenção por incluir além do plasma uma menção ao condensado de Bose - Einstein como pode ser visto na Figura 10. O grupo buscou inclusive encadear os estados físicos partindo do estado de menor temperatura para o estado de maior temperatura. No mesmo cartaz buscaram representar características microscópicas através de desenhos no lado direito e macroscópicas através de ilustrações no lado esquerdo.



Figura 10 – Cartaz incluindo menção ao Condensado de Bose-Einstein.

Outro grupo da turma 204 buscou várias ilustrações para o seu cartaz (Figura 11) o qual mostrou raios durante uma tempestade, os quais não foram mencionados durante a aula como exemplos de plasmas, ou seja, ficou demonstrado um trabalho de pesquisa, mesmo que pequeno, mas significativo para um trabalho que visa entre outros objetivos, motivar a pesquisa e a curiosidade por parte dos alunos.

#### 4.3 – Aplicativo *States of Matter*

A próxima etapa do trabalho se iniciou utilizando a animação *States of Matter*, disponível em <http://phet.colorado.edu/en/simulation/states-of-matter>. A animação em questão permite a discussão de vários pontos pertinentes ao assunto estados físicos da matéria, mas permite também discutir a ideia de modelo em Física, já que na animação átomos são desenhados como bolinhas,



tópico, e desta vez de forma mais aprofundada, podendo demonstrar a reorganização das moléculas de água estabelecendo as pontes de hidrogênio, responsáveis pelo aumento de volume da água abaixo da temperatura de 4°C.

#### **4.3.1 – O *Joint European Torus***

O vídeo documentário *Planet Green*, mostrando o dia-a-dia de operação do *Joint European Torus* (JET), um gigantesco reator de fusão nuclear montado no Reino Unido, trouxe uma série de informações a respeito do plasma e suas aplicações tecnológicas, retomando discussões iniciais a respeito do investimento em pesquisa e tecnologia no mundo e no Brasil. Outra informação importante, que chamou a atenção, foi a idade dos envolvidos no projeto, os quais se percebeu, no documentário, irem de jovens até senhores de mais idade e que os alunos interpretaram como um troca de conhecimentos já que o investimento e tempo de pesquisa do JET, segundo informações do vídeo, é cerca de cinquenta anos e por isso a diversidade de idades visando talvez dar continuidade ao projeto.

De uma maneira ampla, foi possível, através das informações do documentário, os alunos conectarem-se com pesquisas de ponta, ou perceberem que existem pesquisas na área, bem como perceberem o valor do plasma como fonte de energia e de sua importância tecnológica.

#### **4.4 – Plasma: dos antigos gregos à televisão que você quer ver**

Na etapa seguinte, todos os alunos receberam o artigo *Plasma: dos gregos à televisão que você quer ver* (Damásio e Calloni, 2008). A leitura do artigo, segundo os próprios alunos, foi difícil, principalmente por não estarem acostumados à leitura de artigos científicos. No entanto, gostaram do artigo, dadas as novas informações por eles adquiridas, especialmente no que tratava do funcionamento de TVs de plasma. Praticamente todos conheciam, ou já haviam escutado sobre tal equipamento, contudo não entendiam seu funcionamento, ou mesmo não tinham ideia de qual a função do plasma no televisor.

#### 4.5 – Utilizando Mapas Conceituais

Terminada a discussão do artigo, passou-se a explicar que na próxima atividade seriam usados Mapas Conceituais como ferramentas e, para tal, seria necessário primeiro aprender como produzir os mapas conceituais.

O entendimento de como produzir mapas conceituais seguiu as indicações feitas por Moreira (2006) e foi facilitada pela introdução inicial dos mapas mentais (Buzan, 2002). Mesmo que mapas conceituais não sejam iguais a mapas mentais a arquitetura fica parecida, o que é um obstáculo a menos para chegar à ideia de mapas conceituais.

Os alunos não mostraram resistência à utilização de mapas conceituais, sendo tal aceitação creditada em grande parte, ao comentário feito pelo professor explicando que os mapas conceituais poderiam servir de ferramentas não apenas em Física, mas poderiam ser também utilizados em todas as outras disciplinas ou mesmo que eles poderiam descobrir novas possibilidades para utilizarem os mapas conceituais.

Como era de se esperar, alguns mapas conceituais apresentaram inicialmente poucos conceitos, simetria pobre e/ou ainda uma ideia muito ligada à formação de frases, justamente por isso, em ambas as turmas ficou combinado que, após a primeira apresentação dos mapas conceituais para os colegas, seria disponibilizada uma segunda oportunidade para apresentarem os mapas acrescidos de modificações, seguindo as sugestões e comentários dos colegas e do professor quando os autores do mapa achassem conveniente. Tal atividade se mostrou muito produtiva como pode ser visto na Figura 12, que mostra a evolução dos três mapas conceituais produzidos por um grupo da turma 203.

Em outros mapas é perceptível a inserção de conceitos depois da primeira apresentação, como pode ser visto na Figura 13. No primeiro mapa conceitual os alunos não haviam colocado nada sobre plasmas, o que muda no

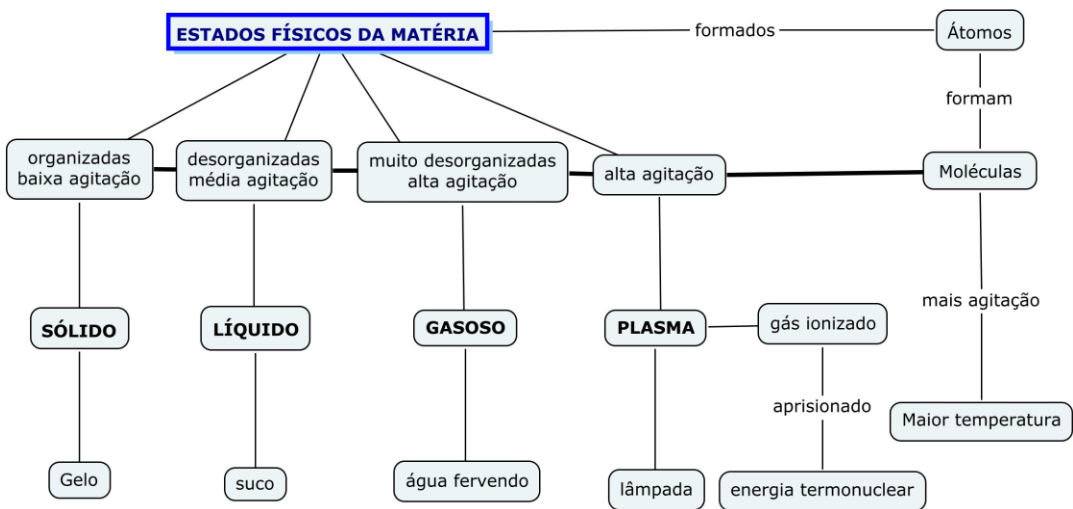
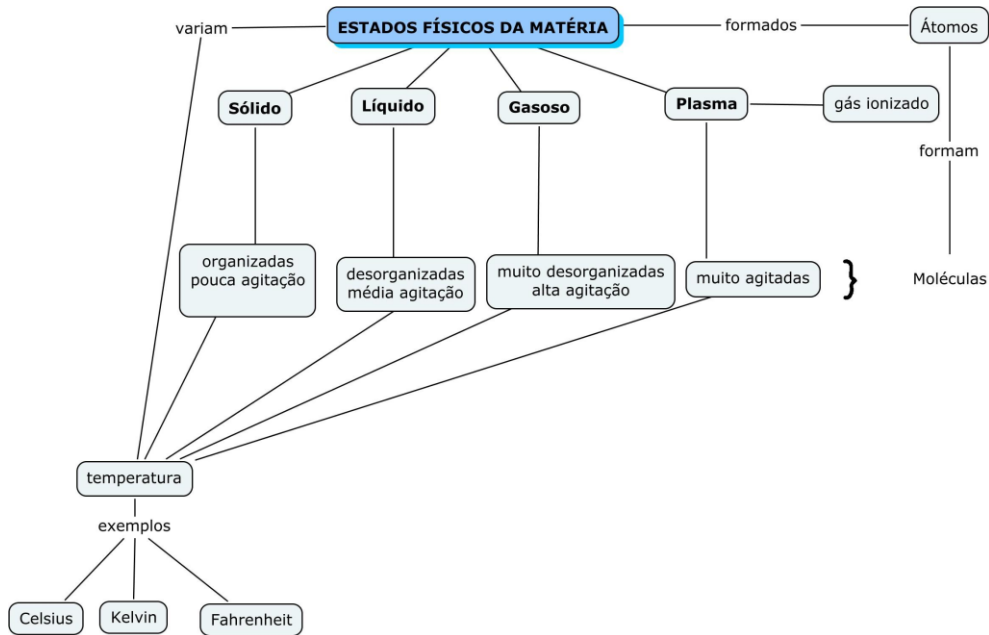


Figura 12 – Evolução dos mapas conceituais de um grupo da turma 203, buscando principalmente uma melhor organização dos conceitos.

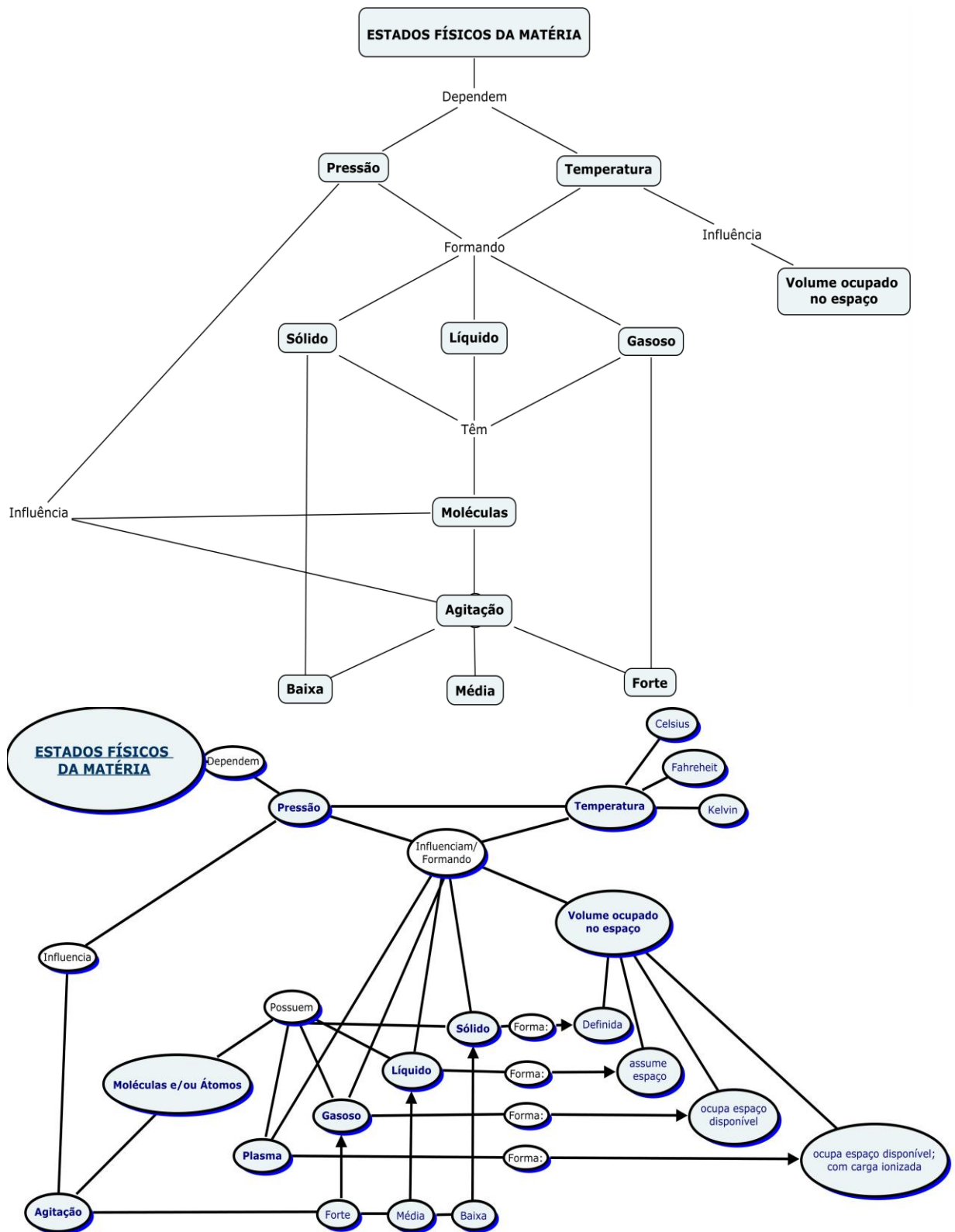




Figura 13 – Na parte inferior mapa conceitual mostrando a inserção do plasma, conceito que não aparece na parte superior, primeiro mapa do grupo.

mapa produzido após a primeira apresentação do mapa para a turma, bem como uma mudança na arquitetura.

Um outro mapa que chamou bastante a atenção pelo grande número de conceitos utilizados, inclusive conceitos que não haviam sido mencionados durante as atividades sobre estados físicos da matéria, pode ser visto na Figura 14a e foi produzido por aluna da turma 204. Após a apresentação a aluna acrescentou ainda mais conceitos, como visto na Figura 14b, modificando a arquitetura e desfazendo as ideias de frase que apareciam no primeiro mapa.

Podemos perceber uma grande evolução por parte dos alunos quando analisamos lado a lado os mapas mentais, produzidos no início dos trabalhos com estados físicos da matéria e os mapas conceituais. Não se trata de uma comparação de um mapa mais rico em conceitos apenas, mas comparando também a organização dos conceitos nos mapas.

O mapa mental da Figura 15 foi produzido pela mesma aluna dos mapas conceituais mostrados nas Figuras 14a e 14b. O aumento do número de conceitos nos mapas vistos nas figuras 14a e 14b em relação ao mapa mental fica evidente. Fica claro também pelo mapa mental que a aluna conhecia os estados físicos sólido, líquido e gasoso. Já nos mapas conceituais a aluna além de citar os estados físicos, já conhecidos e mostrados no mapa mental, e o plasma, fala em mais três estados físicos, Condensado de Bose-Einstein, condensado de férmions e superfluido de polaritons o que evidencia um trabalho de pesquisa extra-classe. O que é extremamente interessante para um trabalho que além de buscar uma aprendizagem significativa visa instigar no aluno o interesse pela Física.

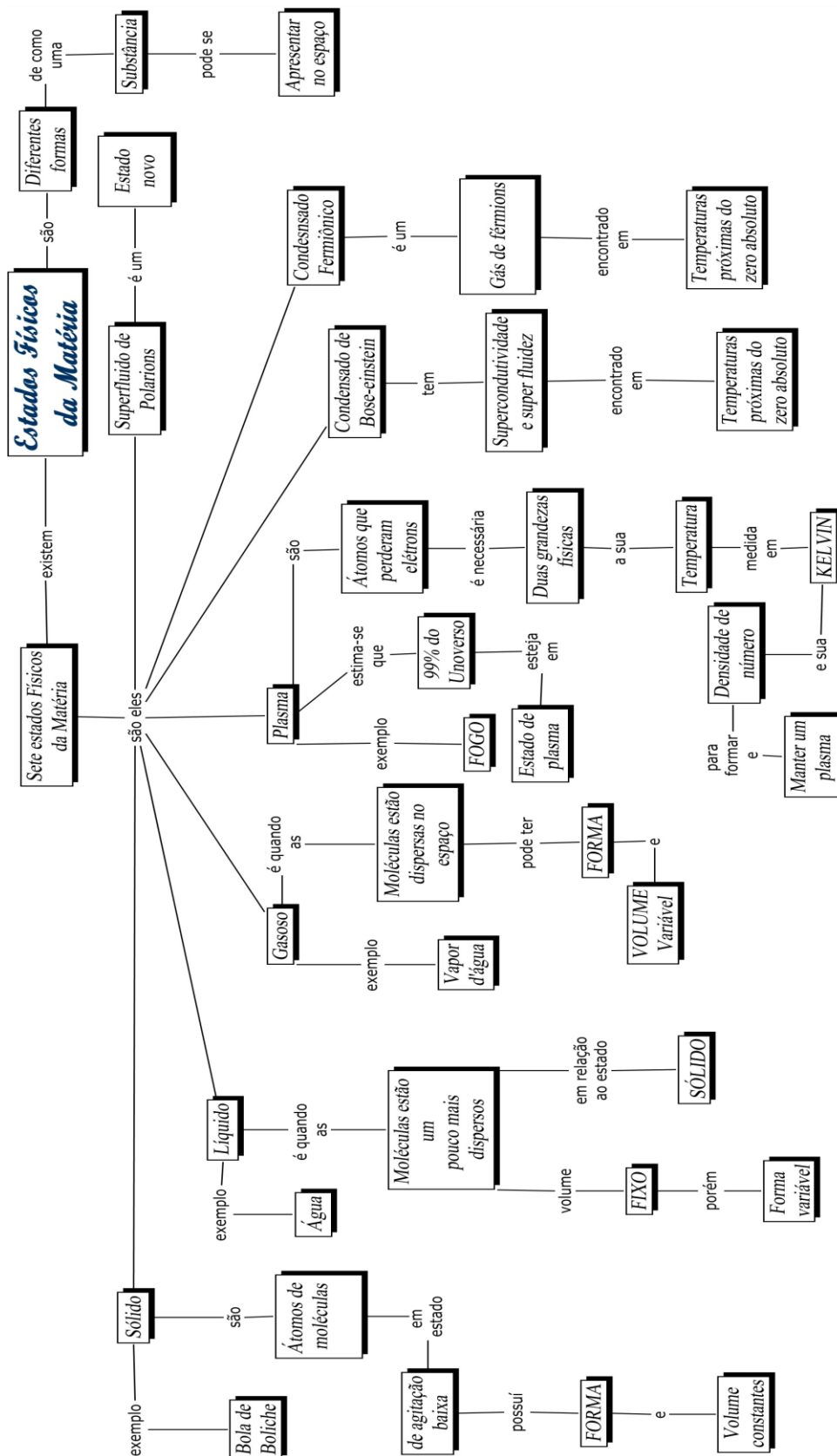


Figura 14a – Mapa conceitual de uma aluna da turma 204 chama atenção pelo grande número de conceitos

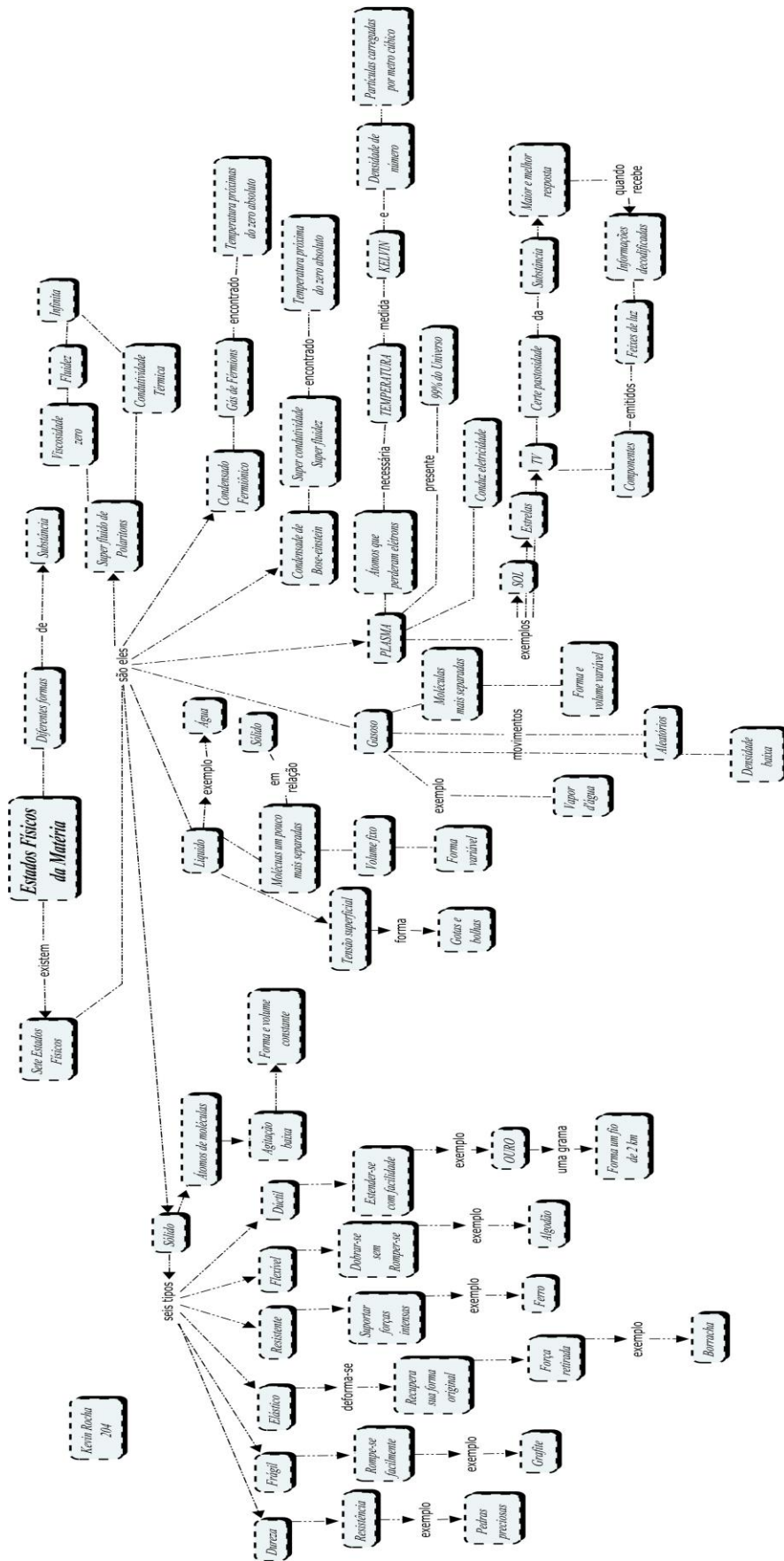


Figura 14b – Mapa conceitual da aluna da turma 204 depois de acrescentar ainda mais conceitos.



Figura 15 – Mapa mental inicial da mesma aluna que construiu os mapas conceituais mostrados nas figuras 14 a e b.

A tarefa de usar mapas conceituais se mostrou muito rica tanto pela oportunidade de poder visualizar um pouco do que os alunos assimilaram do conteúdo e de que forma estavam associando os conceitos estudados. Os mapas foram muito bem aceitos apesar das pequenas dificuldades encontradas no início pelos alunos. A ideia de expressar apenas conceitos e mostrar conexões entre os mesmos, através de conectivos simples não foi fácil. Mas os resultados foram satisfatórios tendo em vista as discussões produtivas que foram possíveis no momento em que os alunos apresentavam seus trabalhos. Principalmente nos momentos em que alunos faziam sugestões para colegas sobre os mapas conceituais apresentados.

Alguns alunos mencionaram ter gostado de apresentar um trabalho na forma de mapa conceitual, deixando um pouco de lado as apresentações de *slides* normalmente usadas. Muitos alunos disseram pretender usar os mapas

conceituais em outras disciplinas por verem nessa ferramenta grande utilidade. Pode-se afirmar que houve grande identificação dos alunos das duas turmas com os mapas conceituais.

#### **4.6 – Diferenciando através de notícias**

Os artigos selecionados e distribuídos aos alunos com notícias sobre plasmas mostraram-se perfeitos para complementarem as diversas discussões sobre a aplicação destes, além das já conhecidas e debatidas anteriormente. Por se tratarem de notícias atualizadas sobre pesquisa e a aplicação de plasmas foi um ponto extra na motivação dos alunos que puderam expandir seu conhecimento e preparem-se para o questionário final a respeito do tema.

#### **4.7 – A avaliação final**

A avaliação final aplicada aos alunos permitiu um novo olhar sobre a compreensão obtida por eles acerca do tema estados físicos da matéria, confirmando as informações obtidas anteriormente nos mapas conceituais. Observou-se uma grande coerência entre as respostas da última avaliação e as explicações dadas durante as apresentações dos mapas conceituais.

A seguir são apresentadas as questões propostas aos alunos que puderam levá-las para casa e realizarem a tarefa a distância. As questões buscam perceber o que os alunos entenderam como sendo estados físicos da matéria, até a importância da pesquisa de ponta para o Brasil, passando pelo seu entendimento da relação entre a organização microscópica da matéria e sua aparência macroscópica.

Questões da avaliação final individual.

*1 – O que você entende por estados físicos da matéria?*

*2 – Na sua concepção, o que caracteriza fisicamente a diferença entre os estados físicos da matéria tanto microscopicamente quanto macroscopicamente? (Fique a vontade para expressar-se também por desenhos)*

3 – Leia atentamente o texto abaixo:

*“O estado de agitação é grande e a desordem do sistema também. Átomos ou moléculas podem mover-se livremente e não apresentam volume nem forma definida. À medida que o tempo passa diminui a agitação e a desordem do sistema diminui também. Já é possível alguma atração entre os átomos ou moléculas com volume definido, porém sem forma física definida ainda. Mais além, a agitação é bem menor e a desordem diminuiu ainda mais e com isso agora tanto forma quanto volume são definidos.”*

O texto fala sobre que fenômenos? Justifique.

4 – Qual(is) a(s) diferença(s) de um plasma para um gás?

5 – Para você, o que significa a expressão “**gás ionizado**”?

6 – Os plasmas podem ser usados para facilitar e/ou melhorar a vida do ser humano? Como? Onde?

7 – Todos os plasmas envolvem necessariamente temperaturas altas, ou existem plasmas de menores temperaturas?

8 – Uma política de investimentos em pesquisas, como no estudo dos plasmas, pode reverter em benefícios para o Brasil? Você vê como necessário o investimento em tecnologias de ponta? Justifique.

Na tabela 1 são apresentados os percentuais de respostas, em termos de não satisfatória, intermediária e satisfatória, das respostas dos alunos às questões propostas.

Tabela 1 – Percentuais de respostas

Questão	Não satisfatória	Intermediária	Satisfatória
1	3%	15%	82%
2	0	0	100%
3	0	15%	85%
4	0	0	100%
5	5%	50%	45%
6	0	0	100%
7	50%	10%	40%
8	0	0	100%

Na primeira questão grande maioria dos alunos relacionou os estados físicos da matéria a configurações que os materiais podem apresentar a

diferentes temperaturas. Mencionaram tanto configurações macroscópicas como forma e volume, assim como configurações microscópicas como agitação das moléculas e sua organização. Demonstraram terem entendido a relação entre a organização microscópica e a macroscópica, percebendo a influência da agitação das moléculas com relação às modificações macroscópicas na forma e volume da substância.

Das respostas que mencionam forma e volume podemos destacar as seguintes:

*“Estados físicos são as diferentes formas de como uma matéria se apresenta; sua densidade, seu volume e a agitação de suas moléculas.”*

*“... o volume, a densidade e a forma de um composto, podem variar de acordo com a temperatura.”*

*“Entendo por estados físicos da matéria toda e qualquer forma que um objeto possa apresentar como exemplo o sólido, líquido e gasoso sendo esses, os três mais conhecidos.”*

Esta questão proporcionou a percepção de que para alguns alunos os pontos de fusão (0 °C) e ebulição (100 °C) da água tratam-se de pontos de fusão e ebulição universais para as diversas substâncias. Tal observação pode ser percebida na seguinte resposta dada por uma aluna:

*“Entendo que os estados físicos da matéria são selecionados pelo estado de agitação das moléculas, que se agitam conforme sua temperatura, se estão em baixa temperatura as moléculas estão bem agrupadas (estado sólido), quando a temperatura aumenta as moléculas começam a se desgrudar (estado líquido), e quando a temperatura está acima de 100 °C as moléculas estão afastadas (estado gasoso), quando já estão bem afastadas e em alta agitação as moléculas estão muito separadas uma das outras e em alta velocidade (estado de plasma).”*

Já na segunda pergunta a caracterização dos estados físicos é vista como uma relação entre o comportamento microscópico da matéria e o comportamento macroscópico. É a organização e agitação de átomos ou moléculas que determina as características macroscópicas. Os alunos demonstram aqui terem percebido a relação entre características como a forma física definida de um sólido com o menor estágio de agitação das moléculas, que neste caso vibram em torno de uma posição na estrutura da substância.

A pergunta número três, com um trecho do texto retirado do livro do Professor Luiz Carlos de Menezes (2005): **Matéria, uma aventura do espírito**. Boa parte dos alunos foi capaz de identificar que o texto selecionado trata da passagem do estado gasoso para o estado líquido e, por fim, para o estado sólido.

Os alunos foram capazes de identificar, na quarta questão, o plasma como um gás ionizado, porém neutro, e como tal capaz de conduzir correntes elétricas e interagir com campos magnéticos. E ressaltaram a incapacidade dos gases em conduzir correntes elétricas. As respostas mostraram-se satisfatórias, pois demonstram a capacidade dos alunos em diferenciar o plasma, gás ionizado, de um gás comum. E a percepção de tais características para o plasma torna-se de vital importância para entendermos suas aplicações tecnológicas.

Ao caracterizarem o que entendem por gás ionizado, na questão cinco aparecem algumas dificuldades por parte dos alunos, indicando que num novo momento em que for aplicada a UEPS deve-se dar maior ênfase a essa parte. Os alunos compreendem a existência de íons e átomos neutros em um plasma, mas apresentam dificuldade de expressar a formação desses íons no gás, deixando até, em alguns casos, a entender que esses íons poderiam ter sido recebidos de um meio externo ao gás. Não compreendendo que os íons são formados a partir do próprio gás.

Diante da dificuldade em caracterizarem, ou mesmo compreenderem a expressão gás ionizado pode estar refletida uma necessidade de atenção



maior no momento de trabalharmos a formação dos íons no plasma bem como a manutenção de átomos neutros. Porém, podemos estar diante de uma dificuldade maior, passível de investigação, tratando-se de uma dificuldade por parte dos alunos na compreensão da ideia de átomo, molécula e íons. De qualquer forma fica explícita a necessidade de reforçarmos o trabalho de tais conceitos dentro da UEPS em futuras aplicações da mesma.

A menção, na questão seis, das tecnologias discutidas em sala de aula durante a aplicação da UEPS aparece nas respostas de diversos alunos, mas alguns ainda mencionam aplicações de plasmas não discutidos em aula, como por exemplo a resposta de uma aluna, incluindo o *link* abaixo:

*“...uma nova técnica de reciclagem foi criada a partir do plasma que separa o alumínio do plástico de embalagens longa vida.”*

[http://www.tetrapak.com/br/sobre\\_a\\_tetra\\_pak/publicacoes/meio\\_ambiente/Documents/art\\_tec\\_tecnologia\\_plasma.pdf](http://www.tetrapak.com/br/sobre_a_tetra_pak/publicacoes/meio_ambiente/Documents/art_tec_tecnologia_plasma.pdf)

A avaliação com caráter aberto e não definidora de conceitos permitiu aos alunos se expressarem de maneira livre usando desenhos e imagens junto a seus textos, bem como *links* demonstrando a realização de pesquisa para a produção da tarefa.

Ficou claro aqui a necessidade de proporcionar aos alunos momentos para que eles possam se expressar de maneira livre, permitindo ao professor um aprofundamento na compreensão que os alunos demonstram sobre o tema, até mesmo usando os pontos em que os alunos não apresentam clareza, para planejar suas próximas ações educativas.

Passa-se agora ao último capítulo, o das considerações finais a respeito de toda a atividade.

## Capítulo 5

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades sugeridas no capítulo 4, não podem ser levadas como a única forma para se introduzir o estudo dos plasmas no Ensino Médio. Devem ser vistas como uma sugestão que busca promover a aprendizagem significativa à medida que seguem passos muito bem determinados para tal. O grande norteador deste trabalho é uma proposta onde as atividades crescem em termos de complexidade, partindo do estudo do mais geral em direção ao de menor abrangência e mais específico e depois de volta ao conceito mais geral.

No capítulo 2 discutimos o referencial teórico que serviu como base para a produção deste trabalho. A unidade de ensino produzida segue a teoria de aprendizagem significativa como desenvolvida por Ausubel, e está fundamentada principalmente na ideia de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas proposta por Moreira (2011). O intuito foi o de construir um material que pudesse servir de ferramenta para potencializar a aprendizagem significativa do aluno. Além de integrá-lo ao mundo tecnológico que o cerca, fazendo do estudante não apenas um usuário de tecnologias, mas alguém capaz de compreendê-las, ao menos em parte.

A ideia de UEPS, segundo Moreira (2011), visa à construção de unidades de ensino, fundamentadas teoricamente. Estão voltadas para a promoção de uma aprendizagem não mecânica e a estimular o desenvolvimento de pesquisas feitas em sala de aula.

Alguns aspectos do ensino atual que, particularmente, podem ser considerados como falhas estão ligados ao material didático atualmente disponível, por deixar de inserir, de forma mais contundente, em suas páginas, assuntos mais atuais. Não apenas plasmas, mas existem vários outros conteúdos que poderiam ser temas centrais de uma unidade didática e não

serem tratados apenas como curiosidades mostradas em quadros coloridos. Continuamos presos ainda, ao que parece, a uma construção de currículo que tem evitado, sistematicamente, inovar e mudar. Assim as UEPS podem servir como um marco orientador para todo aquele professor que como o autor desta dissertação, acredita na inovação dentro da sala de aula. Tratamos neste trabalho de uma nova forma de montar e estruturar uma abordagem didática, que se mostrou muito útil e proveitosa não só para os alunos, mas também para que o professor pudesse conduzir uma atividade melhor planejada, levando em conta de forma prática teorias de aprendizagem amplamente difundidas.

Numa análise a respeito dos livros didáticos selecionados pelo PNLEM em 2006, para a disciplina de Física, apresentada no XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física na cidade de Curitiba-PR, Guaracira Gouvêa chegou às seguintes conclusões:

*i) os livros didáticos escolhidos buscam esgotar os conteúdos historicamente considerados como relevantes e não há espaço para a inserção de outros; ii) as imagens que problematizam o cotidiano assumem uma posição didática que poderíamos chamar de unilateral; iii) há pouca discussão sobre ciência, tecnologia e sociedade; iv) tem uma dimensão cultural que não considera as questões sociais locais; v) os livros têm como concepção hegemônica a concepção global; vi) ao abordar a tecnologia, as orientações e o livro didático a consideram como instrumento para resolver problemas; vii) a estratégia de apresentação do conteúdo assemelha-se ao da revista contemporânea. (Gouvêa, 2008)*

Tais conclusões confirmam a necessidade de introdução de atividades que mostrem a ligação entre a pesquisa em Física com a sua aplicação nas diversas tecnologias, reforçando então a importância de UEPS com temas como o plasma, para complementarem os livros didáticos.

No entanto, não se trata de abandonarmos completamente os livros didáticos, até porque tal material não deve ser o esteio da aula, mas suporte ao professor. Dadas as limitações encontradas nos livros didáticos, os professores e professoras podem e devem buscar informações para a produção de suas UEPS em fontes como a Sociedade Brasileira de Física (SBF) com as publicações *Física na Escola*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, nos *Textos de Apoio ao Professor de Física* publicados pelo Instituto de Física da UFRGS. O site [www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br) apresenta atualizações semanais com notícias referentes a novas tecnologias e pesquisas que podem servir como ponto de partida, ou apenas como textos complementares, no decorrer da aplicação de uma UEPS. Pesquisas nos sites dos Departamentos de Física das diversas universidades brasileiras, e mesmo estrangeiras, colocarão o professor em contato com informações também atualizadas sobre diversos temas de interesse atuais.

O produto educacional gerado nesta dissertação tem a intenção de servir como um guia, ou mesmo como uma sugestão para professores do Ensino Médio que pretendam trabalhar os estados físicos da matéria dando ênfase ao estudo dos plasmas. A divulgação do material será feito através de um Texto de Apoio ao Professor de Física contendo a UEPS e todos os materiais utilizados durante a sua aplicação, tais como os artigos, textos, reportagens, applets e vídeos utilizados.

A UEPS proposta não se trata de uma unidade fechada e hermética. Pode e deve ser adaptada à realidade de cada escola, ou mesmo à realidade de cada turma, cabendo ao professor ou professora que irá aplicar a UEPS em questão, determinar o que vai ou não ser utilizado.

Reconhecidamente, assuntos atuais sobre a Física têm demorado a aparecer nas salas de aula, ou mesmo nem são mencionados. Os alunos com os quais trabalhamos durante vários anos de exercício do magistério na disciplina de Física, mostraram-se sempre interessados por atualidades e dentre tais estão os estados físicos da matéria como o plasma, tema central da UEPS proposta aqui.

Alguns pontos podem ser destacados como cruciais para o sucesso do trabalho aqui relatado diante da experiência vivida encontram-se abaixo relacionados:

- a organização das salas de aula deve permitir que os alunos trabalhem em pequenos grupos e discutam as atividades propostas e, ainda, que o professor possa circular entre os grupos realizando intervenções quando necessário no intuito de manter o foco dos grupos;
- a escola deve dispor de ambientes para a exibição de vídeos e computadores que possam reproduzir animações em Java;
- o professor deve se ver como um facilitador do processo ensino-aprendizagem e entender que não há ensino sem aprendizagem.
- as avaliações realizadas em sala de aula com os alunos não podem ter carácter classificatório do aluno, mas sim buscar extrair do estudante conceitos que foram por ele compreendidos ou não. E isso só é possível quando o aluno expõe de forma sincera seu entendimento a respeito do tema estudado, o que muitas vezes não é possível dentro de uma avaliação com simples intuito de atribuição de nota.

É essencial que os professores de Física do Ensino Médio mantenham-se atualizados a fim de poderem melhor orientar os trabalhos dos alunos bem como proporem temas atuais aos seus alunos.

Como mencionado anteriormente, um ponto importante para o sucesso do trabalho foi o quesito avaliação. Ficou claro durante o desenvolvimento das atividades junto aos alunos que quando o processo de avaliação deixa de ser classificatório e visa buscar encontrar o estágio de compreensão do aluno sobre o assunto, o envolvimento dos mesmos passa a ser maior. Em várias situações em que os alunos podiam expor suas atividades e com isso

a compreensão do conteúdo, o fizeram de forma desinibida. Foi possível, então, perceber que os alunos procuravam externar o seu entendimento e não o que o professor gostaria que eles tivessem entendido a respeito do tema.

A maior prova a este respeito veio do momento separado para a apresentação dos mapas conceituais. Não só os estudantes apresentaram seus mapas, como se sentiam a vontade para fazerem críticas e sugestões aos mapas dos colegas, que em alguns casos contrapunham argumentos sustentando as escolhas feitas. Dessa forma, foi possível obter informações valiosas a partir do que era externalizado nessas discussões e debates.

Obviamente os resultados poderiam ser ainda melhores, bastaria que toda a comunidade escolar já tivesse adotado práticas diferentes de avaliação das atuais, com todo esse carácter classificatório. Não se trata de abandonar as avaliações, mas mudar o foco delas. Os alunos que integraram o projeto mostraram-se muito receptivos a essa forma de condução das avaliações.

Com estas considerações encerramos a presente dissertação e convidamos colegas professores de Física a abordarem conteúdos mais atuais em suas aulas e a fazerem uso de estratégias de ensino diversificadas, ainda que o sistema escolar seja altamente voltado para a preparação, ou treinamento, para a testagem.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. SEMTEC. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Relatório de monitoramento de educação para todos Brasil 2008: educação para todos em 2015; alcançaremos a meta?** Brasília: UNESCO, 2008.

BUZAN, T. **How to mind map**. Thorsons, London, 2002.

DAMASIO, F. CALLONI, G. Plasma: dos antigos gregos à televisão que você quer ver. **Física na Escola**. V. 9, n. 1, 2008.

GOUVÊA, G. **Currículo, Livro Didático e Ensino de Física**. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0074-1.pdf> Acessado em 24 de julho de 2013.

MENEZES, L. C. de. **A matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005

MORAES, J. U. P. O livro didático de Física e o Ensino de Física: suas relações e origens. **Scientia Plena**, v. 7, n. 9, 2011.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review, v. 1, n. 2, p.43-63. 2011. Disponível em <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID10/v1\\_n2\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf)>. Acesso em 08 março de 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais & diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2006.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

NOVAK, J. D. Meaningful Learning: the essential factor for concept change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n. 4, July 2002.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **Física na Escola**, v. 4, n. 1, 2003.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência**, vol. 2, n. 2, dezembro, 2002.

ZIEBELL, L. F. **O quarto estado da matéria**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2004. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/tapf/n15\\_Ziebell.pdf](http://www.if.ufrgs.br/tapf/n15_Ziebell.pdf) Acessado em 24 de julho de 2013.



**APÊNDICE**  
**TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA**  
Mestrado Profissional em Ensino de Física  
IF - UFRGS

**Uma proposta para a introdução dos plasmas no estudo  
dos estados físicos da matéria no Ensino Médio**

**Luís Galileu G. Tonelli**

**2014**

## 1. Introdução

Durante todo o seu tempo como professor de Física no Ensino Médio, o maior objetivo do autor sempre foi fazer com que os alunos gostassem de Física por verem na disciplina muito mais do que apenas cálculos e fórmulas matemáticas com o objetivo de encontrar apenas um número como resposta a uma pergunta bem específica. Sempre viu na Física, e em seus conteúdos, uma possibilidade de aumentarmos nossa compreensão do mundo que nos cerca, principalmente no que diz respeito a compreender as transformações tecnológicas que passamos e as que estão por vir.

Acredita ainda que para que a apropriação do conhecimento aconteça de forma que o aluno possa posteriormente utilizá-lo é preciso que este conhecimento seja significativo para o mesmo. Para tanto, envolver o aluno com a produção do saber passa a ser também importante e desta forma fomentar nele o interesse, apontando situações em que este conhecimento possa ser útil, é fundamental na minha visão.

Transformar o professor em um mediador da discussão e não apenas um transmissor de informações e um avaliador do processo pode também aproximar mais o aluno do conhecimento, à medida que este não se sinta mais pressionado a fornecer uma resposta correta acerca de um determinado tema. Também o professor fica mais disponível assim, livre da carga de mediador de respostas corretas, para ajudar o aluno e negociar significados para os conteúdos.

As transformações que a educação no Brasil vem passando como, por exemplo, a reformulação do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), apontam a necessidade de buscarmos novos caminhos. Devemos pensar, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), no desenvolvimento de competências e habilidades dos alunos para que, além da resolução de problemas clássicos encontrados nos vestibulares, situações-problemas reais possam ser confrontadas com visão crítica, visando tomadas de decisões. Os PCNs mencionam ainda o desenvolvimento de habilidades tais quais, a

capacidade de selecionar, analisar, interpretar e relacionar informações e dados. Que o aluno seja capaz de interpretar dados e tabelas que vão além das tabelas das aulas de Física, sendo assim a educação deve ampliar a visão de mundo do aluno e não restringi-la a apenas a resolução matemática de problemas substituindo letras por números em algoritmos.

Com base nisto o presente texto propõe uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS; Moreira, 2011) para se trabalhar os Estados Físicos da Matéria e introduzir o estudo dos Plasmas na 2<sup>o</sup> série do Ensino Médio de uma forma mais profunda que promova também debates relacionados à atual busca por fontes alternativas de energia, mostre que a pesquisa, e para tal o seu custo, não se configura como gasto e sim como investimento. Há também a tentativa de introduzir uma nova ferramenta junto com o estudo dos estados físicos, que pode vir a ser utilizada para potencializar o aprendizado não só em Física, mas também em outras disciplinas, os Mapas Conceituais (Moreira, 2006).

A UEPS aqui proposta foi preparada com base nas experiências que o autor teve introduzindo plasmas e o condensado de Bose–Einstein no Ensino Médio desde ano 2002, quando começou meu trabalho como professor de Física em tal nível de ensino. O tema sempre despertou curiosidade e até espanto por parte dos alunos e por isso pareceu um bom motivador para o estudo da Física e sua aplicação nas tecnologias atuais. Apesar de os jovens se relacionarem de forma intensa com as tecnologias atuais não as compreendem e o estudo dos plasmas me pareceu um bom ponto de partida. O próprio autor teve seu contato formal com plasmas durante a preparação das primeiras aulas de Física para o Ensino Médio, tendo passado a graduação sem que o tema fosse abordado nas disciplinas cursadas.

## **2. A elaboração da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**

A elaboração do material didático seguirá especificamente a ideia de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) proposta por Moreira (2011).

As UEPS são compostas por etapas que buscam promover a aprendizagem significativa. Segundo Moreira (2011), as UEPS têm como princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino;
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno;
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino;
- essa relação poderá ser quádrica na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica;
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés de memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono de narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.

### **Passos da UEPS**

São oito os passos das UEPS, conforme Moreira (2011), cabendo ao professor buscar a melhor forma de segui-los:

1. definir o tópic a ser abordado, identificando os aspectos declarativos e procedimentais de acordo com o tópic escolhido;
2. criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, situação-problema, etc. - que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópic (objetivo) em pauta;
3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema ainda que introdutórias devem envolver, desde já, o tópic a ser ensinado; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas para isso o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino,..., mas sempre de modo acessível e problemático, isto é, não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, isto é, começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (isto é, aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de

ensino, em nova apresentação (que pode ser através de uma breve exposição oral, de um recurso computacional, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, e deve necessariamente envolver negociação de significados e mediação do professor;

**6.** concluindo a unidade, dar continuidade ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser uma breve exposição oral, leitura de um texto, recurso computacional, audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em nível mais alto de complexidade em relação às situações anteriores, essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do professor;

**7.** a avaliação da aprendizagem decorrente da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação anotando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo da mesma; além disso, deve haver uma avaliação somativa após o quinto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na área; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá

estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (registros do professor) como na avaliação somativa;

**8.** a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

### **3. Material de apoio**

A seguir, o conteúdo de apoio é apresentado conforme a sequência que foi utilizada pela UEPS de plasmas.

A unidade apresentada tem duração prevista de, 17 aulas, porém pode ser adaptada conforme a necessidade de cada professor ou escola baseando-se no seu tempo disponível ou conhecimento prévio dos alunos.

#### **3.1 Situação Inicial**

Incentivar os alunos a expressarem suas ideias sobre a constituição da matéria e das diferenças entre os estados físicos da matéria. Partindo dessas ideias para a construção de um Mapa Mental (Buzan, 2002) em conjunto com a turma. A construção do mapa pode ser feita no próprio quadro da sala de aula.

#### **3.2 Questionamentos iniciais**

As questões a seguir devem ser realizadas primeiro individualmente, depois discutidas em grupos menores (sugerem-se grupos de 3 ou 4 alunos) e por fim apresentadas ao grande grupo.

- a) Quais as diferenças macroscópicas entre os estados físicos da matéria?
- b) Quais as diferenças microscópicas entre os estados físicos da matéria?
- c) Do que os materiais são feitos?
- d) Quantos estados físicos da matéria existem?
- e) Você já leu ou ouviu falar sobre plasmas? O quê? Onde?

f) Como e por que ocorre uma mudança de estado físico?

### 3.3 Vídeo palestra

No terceiro momento de aula, após realizadas as discussões e o compartilhamento das ideias os alunos assistem ao vídeo palestra do Prof. Dr. Luiz Fernando Ziebell: *Os Plasmas, o que são e onde estão?*, que está disponível em:

Parte 1. [http://www.youtube.com/watch?v=FV\\_HtkYmc-I](http://www.youtube.com/watch?v=FV_HtkYmc-I),

Parte 2. <http://www.youtube.com/watch?v=Ysgo2XCkUlc> e

Parte 3. <http://www.youtube.com/watch?v=CSqYeOa2EKA>

Após o vídeo solicitar aos alunos que produzam cartazes e/ou maquetes partindo das explicações dadas no vídeo palestra. Os alunos devem ser incentivados para que os cartazes e maquetes contenham imagens e textos explicativos e os trabalhos produzidos podem ser expostos na escola e também utilizados para avaliação de forma qualitativa pelo professor.

### 3.4 Aprofundando conhecimentos

Nesta etapa caberá ao professor conduzir o aprofundamento no estudo dos plasmas a partir de textos e ferramentas digitais. Sugerimos abaixo dois textos e um aplicativo digital tais como usados na UEPS em questão.

No primeiro momento sugere-se iniciar a introdução dos estados físicos da matéria através do aplicativo *States of Matter*: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/states-of-matter>. Existe inclusive uma versão do mesmo traduzido para o português e que pode ser obtido em: [https://phet.colorado.edu/en/simulations/translated/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/en/simulations/translated/pt_BR). O aplicativo dispõe de um guia em inglês, para professores, disponível online em: <http://phet.colorado.edu/files/teachers-guide/states-of-matter-guide.pdf>. Torna-se possível discutir inúmeros conceitos relacionados aos estados físicos sólido,



líquido e gasoso, permitindo posteriormente a melhor compreensão do estado de plasmas.

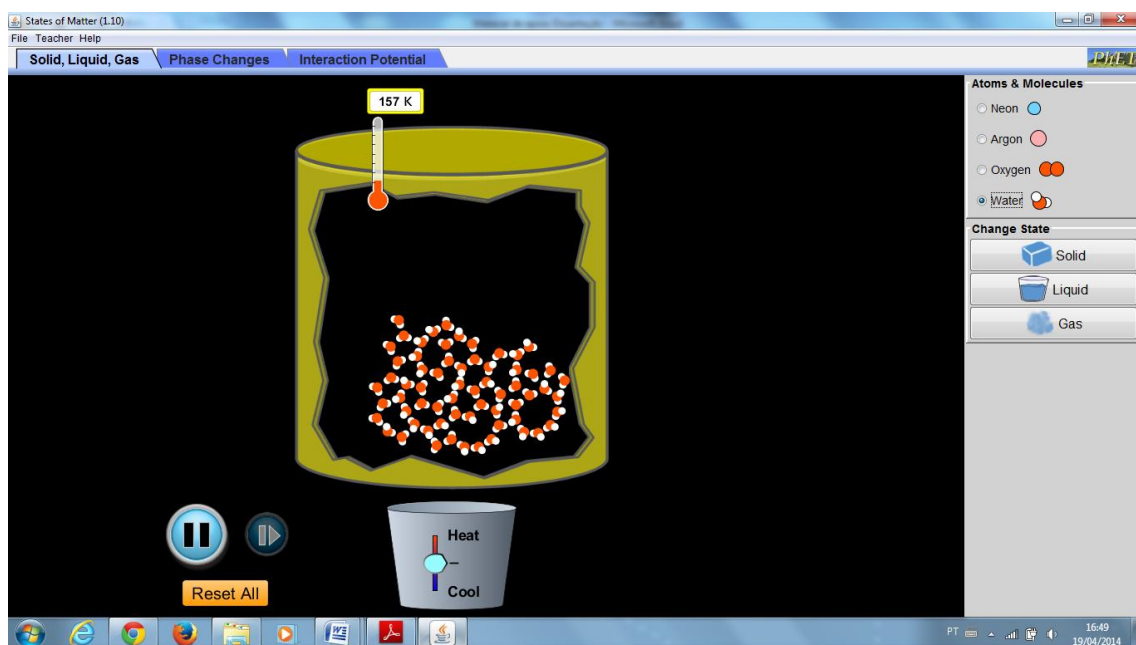


Figura 1 – *Printscreen* do aplicativo *States of Matter*

O aplicativo (fig. 1) permite que se escolha entre 4 elementos, neônio, argônio, oxigênio e água, que podem transitar entre os estados sólido, líquido e gasoso. A transição pode ser realizada usando-se os botões no menu a direita ou através do aquecedor e resfriador na parte central abaixo do recipiente que armazena os elementos. Ainda é possível analisar, através de abas, na parte superior da janela, o diagrama de mudança de fases (fig. 2) ou o potencial de interação entre moléculas.

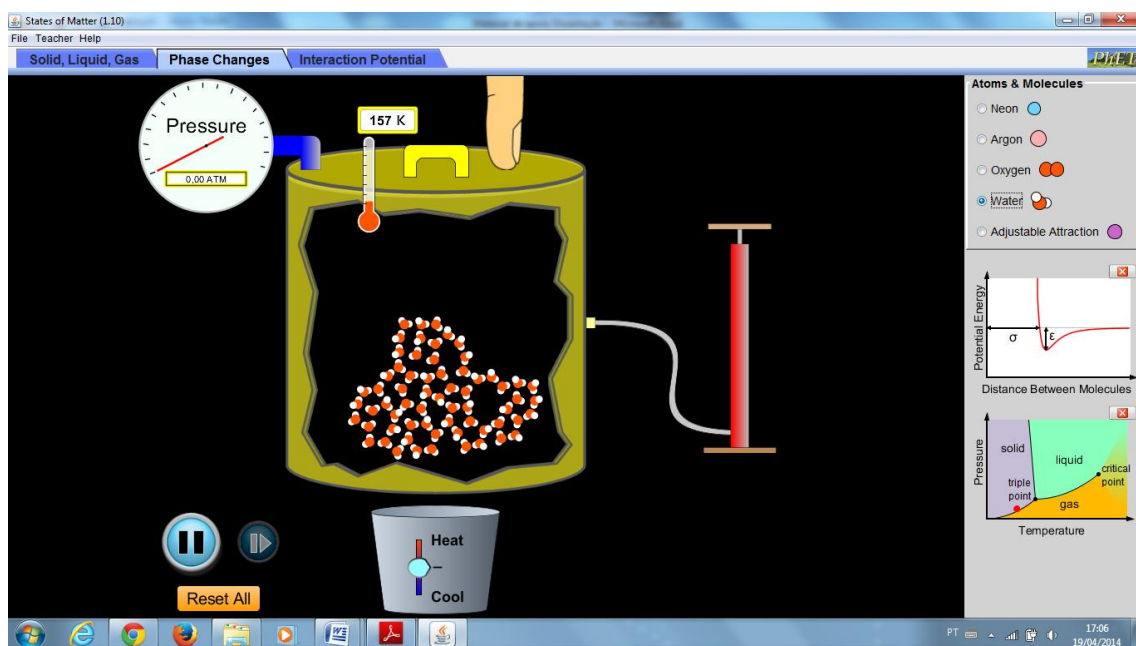


Figura 2 – *Printscreen* do programa *States of Matter* mostrando a tela para estudo de mudança de fases.

*States of Matter* permite discutir conceitos como compostos monoatômicos (neônio e argônios), diatômicos (gás oxigênio) e poliatômios (água). Se utilizarmos a água podemos ainda discutir a propriedade anômala da água partindo da animação. No entanto, o programa apresenta algumas limitações que também podem ser discutidas, como o fogo como fonte de aquecimento e o gelo (fig. 3) que aparece quando se utiliza o resfriador e que baixa a temperatura das substâncias até 1 K. Pode-se a partir desse momento discutir os processos de resfriamento utilizados para a obtenção de materiais no estado de Condensado de Bose-Einstein, considerado o 5º estado físico da matéria. Os processos de resfriamento envolvidos na obtenção das baixas temperaturas para o uso e obtenção de materiais supercondutores. E se explorar o limite mínimo de temperatura para a escala Kelvin, 0°K. Também deve-se explorar as técnicas de aquecimento de plasmas e sua contenção sendo feita através de campos magnéticos.

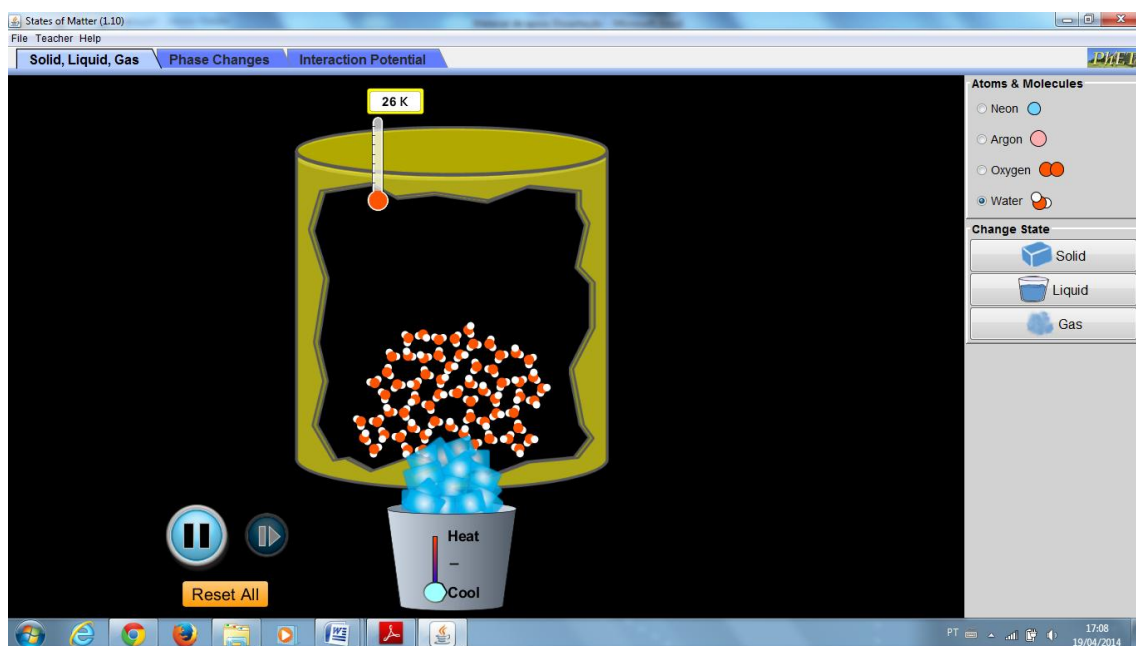


Figura 3 – *Printscreen* do aplicativo *States of Matter* mostrando gelo sendo usado para refrigerar água a 26 Kelvin.

Seria desejável que o professor ou professora pudesse explorar a representação dos átomos como bolinhas, pelo aplicativo. Esclarecendo para os alunos que uma bolinha não é o formato de um átomo, mas que para fins didáticos naquele momento seu uso é apropriado. Podendo aqui aprofundar na noção de átomo e abrindo a discussão dele do ponto de vista da Física Moderna. Enfim, o aplicativo se mostra muito rico para discussões em sala de aula, mesmo quando partimos de suas limitações. Por se tratar de uma animação com tamanho de armazenamento pequeno 2.02 Mb, podemos incentivar que os alunos façam o *download* e continuem a utilizar em casa e abrir espaço para os questionamentos que possam surgir em aula.

Logo após o trabalho usando o aplicativo sugere-se a leitura dos seguintes textos:

*Do plasma ao frio absoluto*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Texto extraído e parcialmente adaptado de MENEZES, Luiz Carlos de. *A Matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico*. 1ª edição, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

Poderíamos exemplificar as mudanças quantitativas e qualitativas, associadas a variações de temperatura, acompanhando uma “viagem térmica” de uma substância. A água é uma boa escolha para este acompanhamento, pois ela é padrão universal de muitas propriedades físicas, especialmente as térmicas. Poderíamos iniciar de um ponto intermediário, como uma gota de sereno, um pequeno cristal de neve, ou um “bafo” de vapor d’água saindo do bico de uma chaleira, mas é melhor ir continuamente do quente para o frio, de um extremo a outro da escala.

Se começarmos com uma temperatura de muitos milhões de graus, como a do interior das estrelas, os núcleos atômicos estarão desfeitos, no que se chama de plasma nuclear. O material teria de perder muita energia, especialmente pela emissão de radiação, para chegar a uma temperatura em que já haja núcleos atômicos íntegros. Suponhamos, então, um recipiente com núcleos de hidrogênio e oxigênio, na proporção dois para um, com elétrons na quantidade certa para mais tarde forma água, mas ainda na forma de um luminoso plasma iônico, antes que se atinjam temperaturas menores do que, digamos, três mil graus. Se trouxermos o recipiente para um meio ambiente como a atmosfera da Terra, esse plasma tenderia a se resfriar naturalmente, cedendo calor ao meio por radiação e por contato, até que, gradativamente, se restituíssem os elétrons aos íons, compondo-se assim os átomos de hidrogênio e oxigênio que, se resfriando, deixariam de brilhar. Finalmente, pouco acima de mil graus Celsius, a combinação  $H_2O$  já começa a se manter estável, tornando-se, enfim, vapor d’água, um gás transparente.

O vapor continuará a ceder calor ao meio, diminuindo sua velocidade de agitação média, seu volume ou pressão, e, com isto, também a entropia. Exceto em mudanças de estado, essa perda de energia leva a baixar a temperatura, pois a energia de movimento média por molécula é proporcional à temperatura, pois a energia de movimento média por molécula é proporcional à temperatura absoluta ou Kelvin. Esta energia translacional se reduz, junto com a temperatura, até que a água comece a se condensar. A partir de então, durante a mudança de estado, a energia retirada não mais resulta em diminuição da temperatura, mas sim em liquefação da substância.

Permanecerá portanto, a 100 °C, ou seja, a 373 K, continuando a ceder calor, à medida que for se condensando. A partir do momento em que estiver toda líquida, a água voltará a se resfriar, cedendo calor até entrar em equilíbrio com o meio. A partir do equilíbrio, quando estiver à temperatura ambiente, na atmosfera, a água não perderá mais energia espontaneamente. Continuam as colisões moleculares e a emissão e recepção de radiação, mas sem transferência líquida de energia.

A partir desta situação de equilíbrio, para resfriá-la será preciso colocá-la no interior de um refrigerador, como o de evaporação que analisamos há pouco. A água irá se esfriando até alcançar novo ponto de mudança de fase. Outra vez, sua temperatura fica estável enquanto se ordenam suas moléculas, permanecendo a 0 °C até completar seu congelamento, quando terá se convertido em um cristal de gelo, perfeitamente ordenado. Suas moléculas não poderão mais trafegar livremente, mas somente oscilar, presas à rede cristalina. Mesmo assim, o gelo pode ficar cada vez mais frio, com a vibração molecular cada vez menos intensa.

### *O quarto estado da matéria<sup>2</sup>*

A ideia de que a matéria pode ser encontrada na forma de três estados diferentes, sólido, líquido e gasoso, está bastante embasada no senso comum e é compartilhada pela maioria das pessoas. Entretanto, quando refletimos um pouco sobre a estrutura e organização da matéria, à luz de noções básicas de física atômica, é fácil percebermos a possibilidade de existência de um quarto estado, e é fácil também inferir algumas de suas propriedades básicas. Como sabemos, a matéria é basicamente formada de átomos, por sua vez formados de prótons, elétrons e nêutrons. Os prótons possuem carga elétrica positiva e repelem-se eletricamente uns aos outros. Entretanto, podem atrair-se fortemente, devido à chamada interação nuclear forte, que age apenas a curtas distâncias. Os nêutrons não são afetados pelas forças elétricas, mas também interagem entre si e com os prótons via forças nucleares. Sendo assim, é

---

<sup>2</sup> Texto extraído, e parcialmente adaptado de ZIEBELL, Luiz Fernando. *O quarto estado físico da matéria*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2004.

possível a ocorrência de configurações estáveis envolvendo prótons e nêutrons. Estas configurações constituem os chamados núcleos atômicos, identificados pelo número atômico (número de prótons) e pelo número de massa (soma de prótons e nêutrons). Os núcleos têm uma carga elétrica, e como consequência atraem partículas de carga oposta, os elétrons. Estes podem portanto estabelecer-se nas vizinhanças do núcleo, atraídos por este e repelindo-se entre si. Como se percebe, há uma forte tendência para estabelecer uma configuração estável, em que o número de elétrons é igual ao número de prótons. A estas configurações damos o nome de átomos. Para fins de classificação, dizemos que o número de prótons no núcleo caracteriza o elemento (H, He, C, Fe, etc.), enquanto o número de massa caracteriza o isótopo do elemento.

Os átomos podem unir-se entre si por meio de forças de origem elétrica, originadas de mudanças na configuração eletrônica que ocorrem quando os átomos se aproximam. Como resultado destas ligações, resultam as moléculas, e mesmo os corpos sólidos. Os diferentes elementos têm maior ou menor facilidade de se unirem dessa forma, devido às suas diferentes configurações eletrônicas. As ligações formadas também podem ter características diferentes, sendo chamadas de *iônicas*, *covalentes*, *ligações de Van der Waals*, etc...

Esta breve introdução já nos forneceu elementos que permitem caracterizar os chamados estados da matéria. O estado sólido se caracteriza pela relativa proximidade entre átomos e/ou moléculas, e pela rigidez das ligações estabelecidas. Os átomos ou moléculas unidos entre si para formar o sólido mantêm posições relativas fixas e podem somente vibrar em torno de suas posições de equilíbrio. Como consequência, as partículas que formam um sólido constituem um conjunto com forma definida, e que ocupa um dado volume no espaço. No estado líquido as distâncias inter-atômicas ou inter-moleculares são da mesma ordem de grandeza que no estado sólido, porém as ligações estabelecidas são muito mais tênues e efêmeras. Como resultado, as partículas podem mover-se umas em relação às outras, e o conjunto não tem forma definida, embora ocupe um volume definido. Obviamente, as fronteiras entre estes dois estados não são perfeitamente delimitadas. O vidro, por

exemplo, é considerado um sólido, de estrutura amorfa (não há uma organização geométrica na distribuição das moléculas que o constituem). Entretanto, pode escorrer como um líquido, na temperatura ambiente, embora o processo seja extremamente lento e só perceptível a olho nú com o transcurso de anos ou séculos.

Já no caso dos gases, os átomos ou moléculas que os compõem não têm praticamente interação entre si, com exceção de colisões ocasionais. As partículas são eletricamente neutras (átomos ou moléculas) e movem-se livremente entre colisões. O conjunto não tem forma definida, nem volume definido, apresentando a tendência de ocupar todo o volume disponível. É bem verdade que as moléculas podem também sofrer ação gravitacional, mas a ação mútua é geralmente desprezível, a não ser no caso de massas gasosas suficientemente grandes (como no caso da formação de estrelas, por exemplo, que discutiremos mais adiante).

O fio condutor entre todos os estados discutidos acima é a existência de ligações entre as partículas. Um sólido é sólido porque seus átomos ou moléculas estão ligados entre si de uma certa forma. Estas ligações requerem uma certa energia para serem desfeitas. Por exemplo, se o sólido for suficientemente aquecido, as ligações poderão ser rompidas, e o material transformar-se em líquido (no processo chamado fusão). Se continuarmos fornecendo energia na forma de calor, poderemos atingir o ponto de vaporização, em que o líquido passa para o estado gasoso (Este ponto depende da pressão a que está submetido o material. É fato bem conhecido que a água ao nível do mar ferve à temperatura de 100 °C, enquanto em altitudes mais elevadas, onde a pressão atmosférica é menor, a temperatura de vaporização da água é menor).

O mesmo raciocínio nos leva a considerar o fato de que as ligações moleculares em um gás também podem ser rompidas, restando átomos isolados, e que as ligações entre elétrons e núcleos podem ser igualmente rompidas. Quando elétrons são retirados dos átomos, diz-se que o átomo ficou ionizado, sendo então chamado de íon. O mesmo também se diz quando um

elétron livre liga-se a um átomo neutro, resultando um íon de carga negativa. Se uma fração significativa do material ficar ionizado, ele deixa de ser um gás, em que as partículas movem-se livremente e apenas interagem via colisões, e passa a ser um meio em que as partículas podem agir à distância umas sobre as outras, via forças eletromagnéticas, além de continuarem a interagir diretamente via colisões. Este meio tem portanto comportamento e propriedades diferentes de um gás, e é chamado de plasma.

Após a leitura e discussão dos textos sugere-se que os alunos assistam ao vídeo Planet Green, exibido pelo canal Discovery Channel retratando o trabalho de cientistas envolvidos no JET (Joint European Torus), onde o plasma é apresentado como uma possível fonte alternativa de energia, mais barata e sem riscos ambientais. No documentário ainda são apresentadas outras três formas alternativas de geração de energia através das marés (Estados Unidos da América), dos ventos (Holanda) e do Sol (Austrália).

### **3.5 Nova situação (artigo e mapas conceituais)**

No próximo passo solicita-se aos alunos que leiam o artigo, *Plasmas: dos gregos a TV que você quer ter* (Damásio e Calloni, 2008). Cabe ressaltar que os alunos podem apresentar dificuldades em relação a compreensão do texto caso não tenham familiaridade com a leitura de artigos científicos. Porém tal circunstância não deve impedir o professor de utilizar-se dessa ferramenta, ao contrário, pode-se aproveitar o momento para trabalhar a aplicabilidade dos plasmas em televisores e ainda familiarizar o aluno com a escrita científica.

Após a discussão do artigo em grande grupo sugere-se ao professor que solicite aos alunos que produzam mapas conceituais sobre todo o conteúdo trabalhado até aqui em cada uma das etapas anteriores da UEPS. Caso os alunos não estejam familiarizados com a ideia de mapa conceitual o professor deve fazer sua introdução seguindo as indicações feitas por Moreira (2006) e esta será facilitada pelo uso inicial de mapas mentais (Buzan, 2002) conforme o início da UEPS. Mesmo que mapas conceituais não sejam iguais a mapas



mentais a arquitetura pode ficar parecida, o que é um obstáculo a menos para chegar-se à ideia de mapas conceituais.

Os mapas conceituais podem ser produzidos pelo aluno usando a ferramenta IHMC Cmap Tools disponível em: <http://cmap.ihmc.us/download/>. Permitindo uma fácil visualização posterior dos mapas produzidos e até mesmo sua reedição.

Cabe também ao professor esclarecer que o conceito de mapa conceitual não se restringe apenas à Física, podendo ser utilizado pelo aluno em outras atividades e disciplinas, caso queira.

Os mapas conceituais podem inicialmente apresentar poucos conceitos, simetria pobre, ou até ainda uma ideia de formação de frases. Por isso, após a conclusão dos primeiros mapas solicitar uma apresentação desses para a turma. Permitindo assim que os colegas e o professor possam avaliar, comparar e fazer sugestões em cada um dos mapas produzidos. As Figuras 4 e 5 mostram exemplos de mapas e suas evoluções como podem ser encontrados na aplicação desta atividade.

A tarefa de usar mapas conceituais é muito rica tanto pela oportunidade de poder visualizar um pouco do que os alunos assimilaram do conteúdo até aqui e de que forma estavam associando os conceitos estudados. A ideia de expressar apenas conceitos e mostrar conexões entre os mesmos, através de conectivos simples não é fácil. Mas os resultados são discussões produtivas que, possíveis no momento em que os alunos apresentavam seus trabalhos. Principalmente nos momentos em que alunos ouvintes fazem sugestões para colegas sobre os mapas conceituais apresentados.

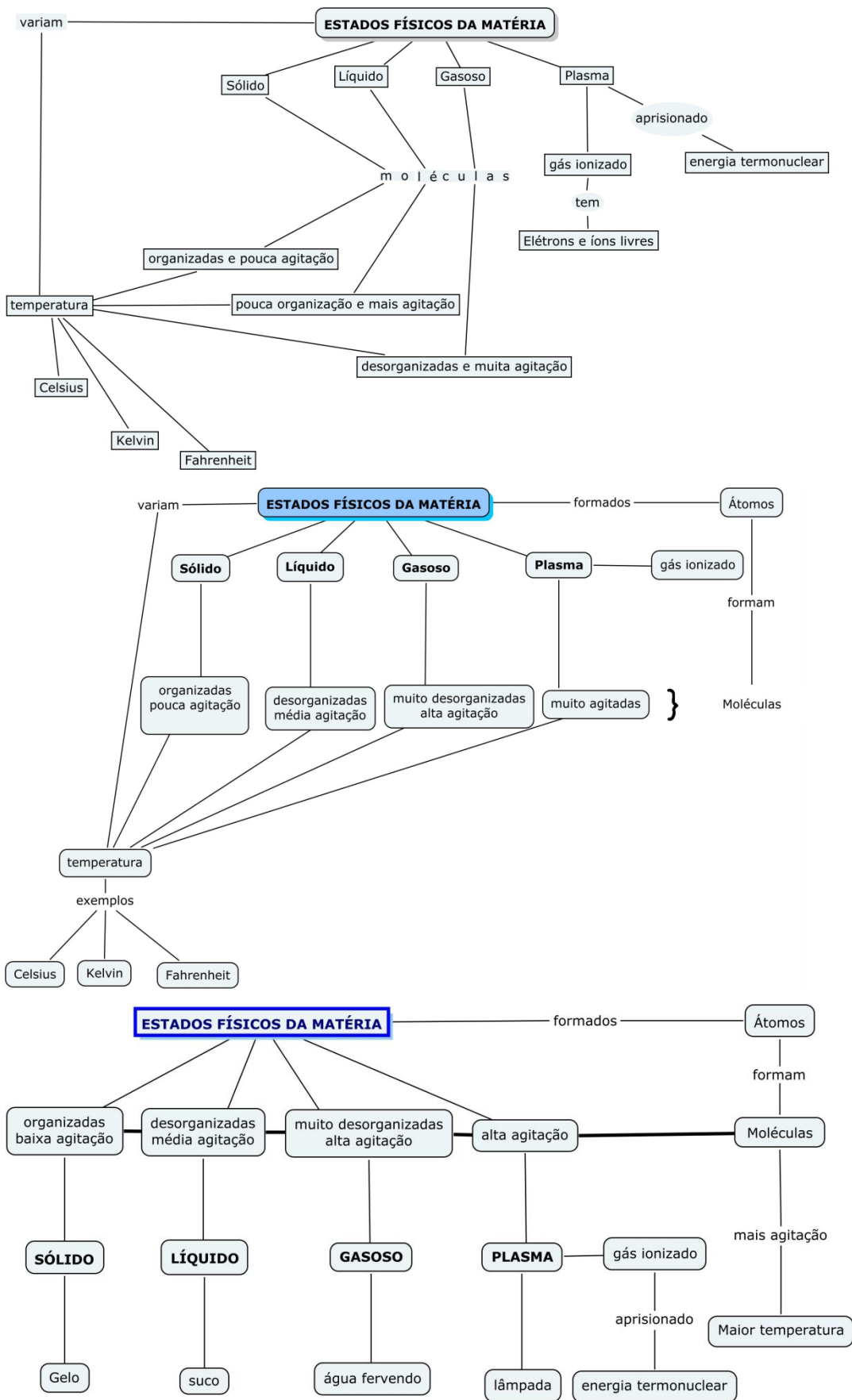


Figura 4 - Evolução dos mapas conceituais de um grupo de alunos, buscando principalmente uma melhor organização dos conceitos.

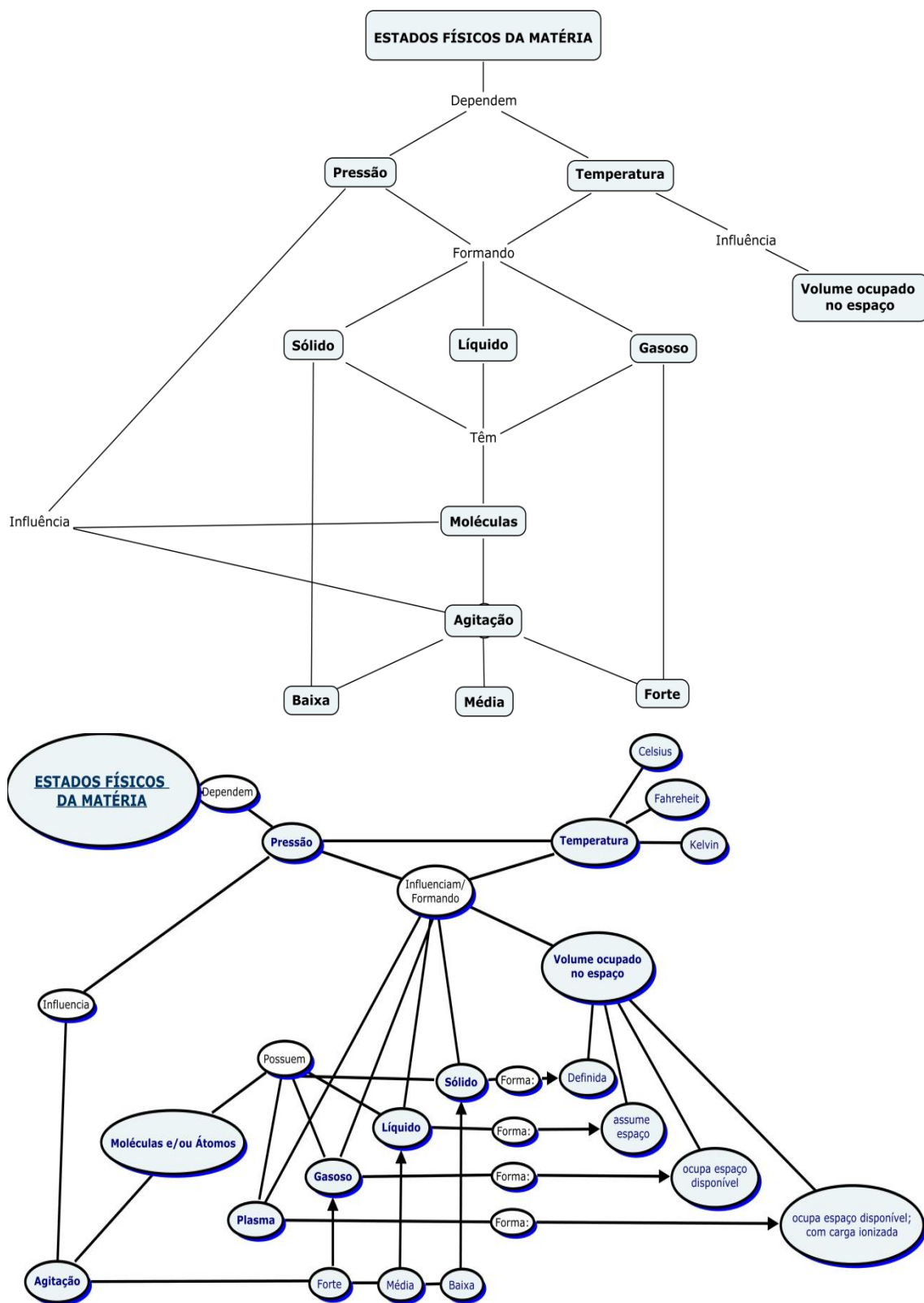


Figura 5 - parte inferior mapa conceitual mostrando a inserção do plasma, conceito que não aparece na parte superior, primeiro mapa do grupo.

### 3.6 Diferenciando progressivamente

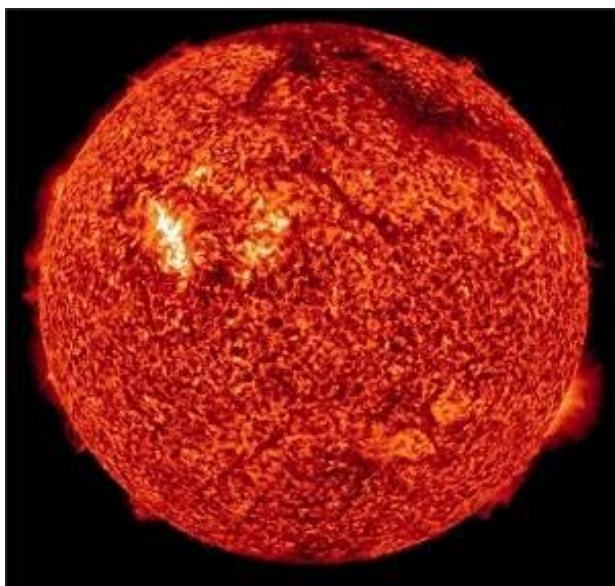
Nesta etapa os alunos devem ser divididos em grupos e cada grupo receberá uma notícia relacionada aos plasmas numa aplicação diferente das vistas até aqui. Solicita-se que os alunos leiam o texto e depois comentem-no dentro do seu grupo, para posteriormente socializarem a notícia com os colegas. Criando assim mais um momento de troca entre os alunos.

Abaixo sugerem-se 4 notícias retiradas do site Inovação Tecnológica, [www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br), referentes ao assunto plasmas. Mas o professor pode aqui escolher outras fontes e outros textos, inclusive em maior número dependendo do tamanho dos grupos e quantidade de alunos em cada turma.

#### Texto 1

##### *Tsunami solar dispara jato de plasma rumo à Terra<sup>3</sup>*

Redação do Site Inovação Tecnológica - 03/08/2010



Todo o lado do Sol virado para a Terra experimentou um tumulto de atividades em cadeia, criando uma erupção solar de classe C3 - um autêntico tsunami solar.[Imagem: NASA/SDO]

---

<sup>3</sup> Texto disponível em:  
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=tsunami-solar#.U2KWw4FdWOM>

Depois de um longo período de dormência, o Sol pode estar acordando.

Na madrugada de domingo (01/08), todo o lado do Sol virado para a Terra experimentou um tumulto de atividades em cadeia, que começou com uma erupção solar de classe C3 - relativamente pequena - e terminou em um autêntico tsunami solar.

O jato de [plasma](#) deverá chegar na Terra na manhã desta quarta-feira, dia 04 de Agosto.

#### *Ejeção de massa coronal*

O fenômeno gerou múltiplos filamentos magnéticos, que se elevaram da superfície estelar, uma agitação em grande escala da corona solar, explosões de ondas de rádio e uma ejeção de massa coronal.

Esta erupção solar em larga escala - catalogada pelos cientistas como Mancha Solar 1092 - ejetou toneladas de [plasma](#) (átomos ionizados) para o espaço interplanetário. Os cientistas calculam que, ao longo de algumas poucas horas, a ejeção de massa coronal possa ter arremessado para o espaço até 10 bilhões de toneladas de plasma.

E esse plasma está dirigido diretamente no rumo da Terra, onde deverá chegar criando um show espetacular de luzes na forma de [auroras boreais e austrais](#). Viajando a uma [velocidade](#) bem menor do que a da luz, o plasma leva de três a quatro dias para atingir a Terra.

Infelizmente não é só isso. Os efeitos poderão ser sentidos também pelos sistemas de [comunicação](#), principalmente via satélite, e até mesmo pelas redes de distribuição de energia.

#### *Tsunami solar*

Observar o Sol entrar em erupção numa escala global entusiasmou a comunidade internacional de físicos, que agora dispõem também do [observatório solar SDO](#), da NASA.

Os cientistas acreditam ter dados suficientes para tentar decifrar a complexa sequência de eventos, detectando sobretudo os eventos primários que deram origem à tsunami solar.



A mancha solar foi tão grande que pôde ser vista sem o auxílio de um telescópio solar. Oleg Toumilovitch, na África do Sul, fotografou o evento com uma câmera digital comum. [Imagem: Oleg Toumilovitch]

Quando uma erupção desse tipo, chamada de ejeção de massa coronal, chega à Terra, ela interage com o campo magnético do nosso planeta, potencialmente criando uma tempestade geomagnética.

As partículas solares guiam-se pelas linhas desse campo, dirigindo-se para os polos da Terra, onde colidem com átomos de nitrogênio e oxigênio na atmosfera, que em seguida brilham na forma de luzes dançantes, as auroras.

As auroras são visíveis normalmente apenas em altas latitudes, embora, durante uma tempestade geomagnética, as auroras possam também iluminar o céu nas latitudes mais baixas.

### *Ciclos do Sol*

O Sol tem um ciclo regular de atividade que dura em média cerca de 11 anos.

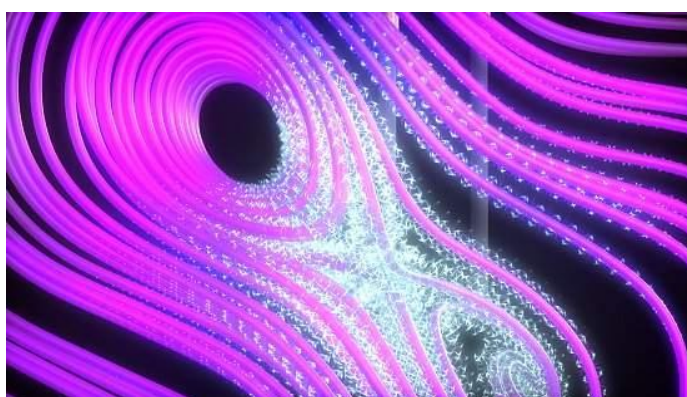
O último máximo solar ocorreu em 2001, o que tornou seu mínimo mais recente particularmente duradouro e com atividade abaixo da média mesmo para esses mínimos.

Esta erupção em larga escala é um dos primeiros sinais de que o Sol pode estar acordando e caminhando para um outro máximo.

## Texto 2

### *Quarto estado da matéria deixa físicos em êxtase<sup>4</sup>*

Redação do Site Inovação Tecnológica - 06/12/2010



Além da beleza, as ondas de cisalhamento de Alfvén desempenham um papel importante nos dispositivos de fusão nuclear.[Imagem: Gekelman et al./BaPSF]

### *Plasma*

Ao estudar os mistérios do plasma, o quarto estado da matéria, os físicos podem passar horas apenas admirando os fenômenos de extraordinária beleza com que se deparam.

Quando o Telescópio Espacial Hubble capta aquelas imagens vívidas de nuvens interestelares de gás ionizado, o que estamos vendo nada mais é do que um plasma interestelar.

E os cientistas do *Large Plasma Device*, um enorme laboratório de estudos do plasma, localizado na [Universidade](#) da Califórnia, estão mostrando que não é preciso olhar tão longe para ver eventos tão belos.

---

<sup>4</sup> Texto disponível em:

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=plasma-ondas-alfven&id=010115101206#.U2KXO4FdWOM>

## *Imagens do plasma em 3D*

As novas imagens em 3D produzidas no experimento mostram as chamadas ondas de cisalhamento de Alfvén, assim batizadas em homenagem a Hannes Alfvén, ganhador do Prêmio Nobel de Física em 1970, que previu sua existência.

Os plasmas suportam uma grande variedade de ondas, algumas delas bem familiares, como ondas de luz e de som. Mas uma grande variedade de ondas encontradas no plasma não existem em nenhum outro lugar. A onda de Alfvén é uma delas.

Com as mais novas tecnologias 3D desenvolvidas para o cinema, os cientistas estão ficando agora ainda mais boquiabertos, ao poder visualizar as ondas em três dimensões.

Um verdadeiro show de imagens tridimensionais geradas nos estudo do plasma está marcado para acontecer em Abril de 2011, durante a reunião anual da Sociedade Americana de Física.

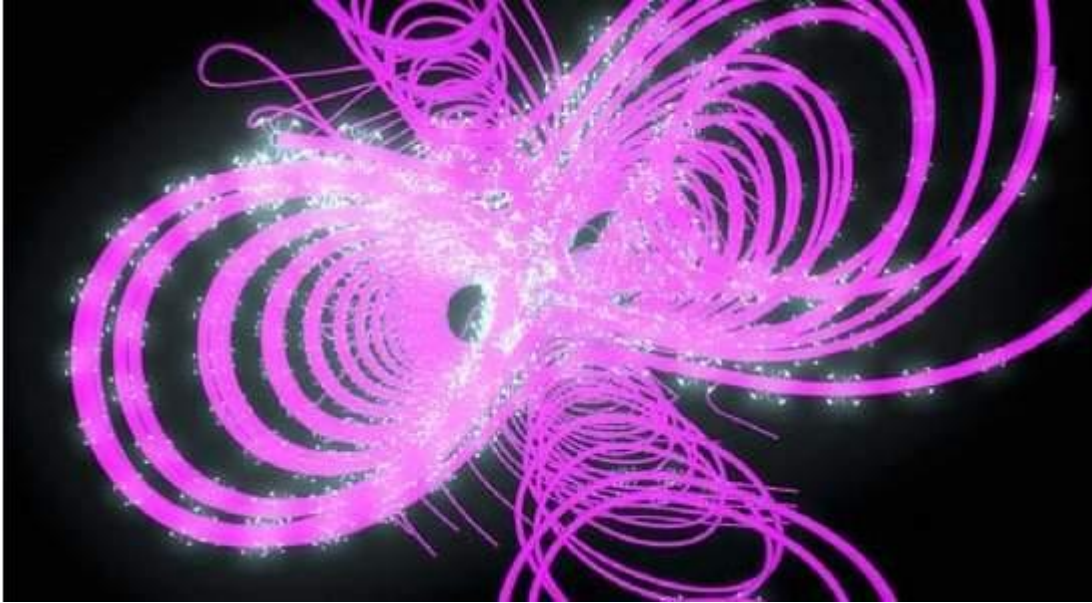
### *Ondas de Alfvén*

Mas Física não é só diversão: os cientistas estão demonstrando que as ondas de Alfvén são importantes em uma grande variedade de ambientes físicos.

As ondas de Alfvén são ondas magnetohidrodinâmicas de baixa frequência, que se propagam na direção do campo magnético através da oscilação de íons.

Elas desempenham um papel central na estabilidade dos dispositivos de confinamento magnético utilizados nas pesquisas sobre a fusão nuclear, dão origem à formação de auroras em planetas, e acredita-se que também contribuam para o aquecimento e a aceleração de íons na coroa solar.





Esta é a representação do campo magnético tridimensional de uma onda de Alfvén, conforme ela foi durante uma fração de milionésimo de segundo. [Imagem: Walter Gekelman, UCLA]

As ondas de cisalhamento também podem causar aceleração de partículas ao longo de distâncias consideráveis no espaço interestelar.

### Texto 3

*Brasileiros querem produzir etanol usando plasma frio<sup>5</sup>*

Baseado em artigo de Fábio Reynol - 23/11/2010



O plasma é um gás ionizado que é considerado o quarto estado da matéria. [Imagem: USDA]

---

<sup>5</sup> Texto disponível em:  
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=plasma-frio-etanol-segunda-geracao&id=010125101123>

### *Etanol de segunda geração*

A atual fronteira para o crescimento do etanol - a obtenção do chamado etanol de segunda geração - não está na questão das terras agricultáveis e nem na abertura dos mercados externos.

O problema está nas paredes celulares dos vegetais, formadas por um polímero bem conhecido do homem, mas muito difícil de ser quebrado: a celulose.

Desenvolver meios economicamente viáveis para decompor a celulose é fundamental para viabilizar o etanol de segunda geração, que poderá ser extraído de qualquer biomassa, e não apenas da cana-de-açúcar.

Isto permitirá aumentar a produção do biocombustível sem ter que alterar a extensão das plantações, além de levar a indústria para outras partes do país.

As soluções vislumbradas até agora são igualmente surpreendentes. Por exemplo, utilizar enzimas encontradas nos aparelhos digestivos de cupins e de animais ruminantes para decompor a celulose. Os ácidos são outra alternativa.

### *Etanol feito com plasma*

Mas uma equipe do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), em Campinas (SP), optou por uma terceira rota para liberar os açúcares da celulose: bombardeá-los com cargas elétricas geradas por um plasma, um gás ionizado que é considerado o quarto estado da matéria.

A quebra é semelhante ao que ocorre quando se lança mão dos cupins ou das vacas, uma rota na qual as enzimas mudam cargas elétricas de lugar, saturando uma ligação e provocando o seu rompimento.

Após a quebra, surgem espaços que são preenchidos com pedaços das moléculas de água e o novo rearranjo forma os açúcares.

"Vamos tentar fazer isso, só que utilizando uma descarga elétrica", disse Marco Aurélio Pinheiro Lima, coordenador do projeto.

Para dar certo, o processo deve ser controlado e as quebras executadas com cuidado para manter os açúcares intactos, pois são eles que darão origem ao etanol, por meio da fermentação.

A pesquisa deve também revelar outros modos de se fazer álcool, podendo até mesmo pular a etapa da fermentação, por meio de uma combinação de parâmetros até então desconhecida. "Quando se faz pesquisa é preciso estar aberto a descobertas imprevisíveis, pois os resultados podem levar a novos horizontes", disse o pesquisador.

#### *Plasma frio*

Algumas pistas para essa via de quebra da celulose vieram de estudos sobre o tratamento do câncer. Foi constatado nessas terapias que os elétrons de baixa energia possuem uma força capaz de quebrar o DNA de células cancerosas.

"Uma cadeia de DNA lembra muito os açúcares", comparou Lima, ressaltando que os elétrons de baixa energia podem ser obtidos dentro de um plasma com baixo custo.

Para o projeto foi escolhido um plasma frio à pressão atmosférica, no lugar dos modelos de baixa pressão, os mais comuns em laboratório. O motivo é desenvolver um meio que apresente viabilidade econômica para ser aplicado no mercado.

"Nesse sentido, o plasma frio à pressão atmosférica é mais barato e não exige tantos recursos para operar, como o vácuo, por exemplo. Não podemos pensar em algo que seja usado somente no laboratório, pois poderá ser uma máquina que atuará em uma escala grande", disse.

Mesmo assim, a equipe do CTBE também pretende estudar os efeitos do plasma de baixa pressão e do plasma em meio aquoso na quebra da celulose.

Os dados levantados ajudarão a obter uma série de conhecimentos básicos sobre o processo de dissociação desses polímeros e aprimorar processos para as biorrefinarias. "Essas serão as usinas do futuro: sempre coladas a uma indústria química que desenvolverá uma infinidade de produtos além do etanol e do açúcar", frisou Lima.

O projeto poderá levar ao controle do ambiente de descarga de elétrons a ponto de o químico escolher resultados desejados visando a obtenção de moléculas de valor comercial mais interessante.

#### Etanol de outras biomassas

Os experimentos do projeto do CTBE também poderão ser aplicados em outras rotas de quebra da celulose ao dar pistas sobre como uma enzima ou um ácido atuam no processo.

Outra possibilidade é o surgimento de um processo misto que associe rotas diferentes para a obtenção do açúcar. Como a celulose tem uma estrutura fechada em pacotes, os elétrons poderiam, por exemplo, desempacotar o polímero e prepará-lo para um ataque enzimático ou químico.

Em todas essas perspectivas, a pesquisa esbarra em dois obstáculos fundamentais: a obtenção do controle do processo e a viabilidade econômica da tecnologia a ser desenvolvida. Por esse motivo o plasma deve ser barato e de baixa energia, a ponto de compensar a produção do etanol.

"A obtenção do álcool celulósico é conhecida e chegou a ser usada na Segunda Guerra Mundial. Ele só não está no mercado até hoje por ser obtido por meio de um processo caro. Por conta disso, tentamos baratear essa tecnologia e desenvolver novas rotas", disse Lima.

Apesar de estar voltado à cana-de-açúcar, o projeto poderá resultar em tecnologias para a obtenção de etanol a partir da celulose de outras espécies vegetais.

Com isso, estados brasileiros que estão longe das plantações de cana-de-açúcar poderão produzir seu etanol a partir de espécies vegetais de sua região e assim viabilizar o uso local do combustível. "Pretendemos desenvolver tecnologias que possam ser transferidas para outras biomassas de modo que o etanol se torne viável em todo o país", afirmou Lima.

O pesquisador aponta que a pesquisa básica que está sendo desenvolvida abrirá possibilidades nem sequer são imaginadas. "Mesmo que as descobertas não resultem em um processo industrial, elas ensinarão muito sobre o modo como uma molécula é quebrada", ressaltou.

#### **Texto 4**

Estudos sobre plasma otimizam queima de combustível no motor<sup>6</sup>

Com informações da Agência Fapesp - 22/07/2010

##### *Quarto estado da matéria*

Aumentar a economia no consumo de combustível e reduzir a emissão de poluentes é a meta de qualquer fabricante de motor a combustão.

É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição.

A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia - que, por sua vez, faz o motor funcionar.

---

<sup>6</sup> Texto disponível em:  
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=queima-combustivel-motores&id=010170100722>

## Processo de ignição

O processo de ignição envolve três fases. Na primeira, é feita a ruptura do espaço vazio entre os eletrodos da vela. Depois, ocorre a transição para um arco voltaico por meio da aplicação de uma alta corrente sob baixa tensão.

Por fim, é obtida uma descarga elétrica rápida, da ordem de milissegundos - nessa última etapa se concentra 90% da energia envolvida no processo.

Para estudar este ciclo, os pesquisadores estão construindo uma câmara hiperbárica que pode trabalhar até 14 atm (atmosferas) de pressão para simular as condições de queima. Nela, serão empregados os gases metano e hidrogênio.

"Não usaremos combustível nessa fase porque isso exigiria um sistema mais caro para absorver a energia que seria gerada", explica Jayr de Amorim Filho, do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), em Campinas (SP), que coordena o trabalho em conjunto com Maria Cristina Lopes, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), em Minas Gerais.

Amorim ressalta que esta etapa será importante para o levantamento das temperaturas envolvidas no processo.

### *Queima mais eficiente do combustível*

Para fazer o mapeamento térmico, o CTBE conta com um monocromador com câmera CCD. Por meio da aquisição de espectros, esse equipamento registra vários parâmetros como temperatura eletrônica, temperatura do gás e densidade eletrônica.

O trabalho também exige um osciloscópio digital de alto desempenho. "Lidamos com altas correntes que ocorrem em curtíssimos espaços de tempo, por isso os osciloscópios convencionais não dão conta do trabalho", disse Amorim.

O grupo de pesquisa também desenvolveu o seu próprio gerador de pulsos de alta tensão. Um microprocessador roda um programa escrito em linguagem C, que gerencia os sinais gerados de acordo com os parâmetros desejados.

Um dos objetivos com o aparato é conseguir controlar o tempo e o volume do plasma e, com isso, encontrar as melhores condições para uma queima mais eficiente do combustível.

O projeto de uma nova vela, que envolverá também um software de controle, deverá ser um dos frutos dessa primeira etapa do projeto. "Na segunda etapa, utilizaremos cilindros transparentes para poder visualizar o experimento", apontou Amorim.

#### *Colisão de elétrons*

A 500 quilômetros do CTBE, a equipe de Juiz de Fora detalha as sessões de choque, que são as áreas de probabilidade de os elétrons colidirem com as moléculas do combustível e assim gerar o plasma.

Para isso, são estudados os processos envolvidos na ignição do plasma e as consequências na pós-descarga em um motor de combustão interna. "O objetivo é encontrar parâmetros adequados para serem aplicados em carros que funcionem com misturas mais pobres de ar-combustível", explicou Maria Cristina.

Isso significaria um carro mais econômico e menos poluente, uma vez que mais moléculas seriam quebradas durante a combustão. "Quebrando mais moléculas emitiríamos menos partículas danosas ao meio ambiente", disse a professora da UFJF.

Para chegar a esses resultados, é preciso entender em detalhes o processo de ignição. Isso é feito por meio de equipamentos específicos projetados e construídos na própria universidade. De acordo com Maria Cristina, a ideia é desenvolver tecnologia nacional nessa área e promover a formação de recursos humanos especializados.

O aparelho de sessão de choque total, o espectrômetro de perda de energia de elétrons e o espectrômetro de captura eletrônica são exemplos de equipamentos desenvolvidos na própria UFJF.

O primeiro mede a reatividade como um todo, sem separar os processos. O espectrômetro de perda de energia de elétrons detalha cada um dos processos envolvidos na ignição. E, ao aprisionar por alguns instantes um elétron gerado pela faísca de ignição, o espectrômetro de captura eletrônica é capaz de fornecer a energia contida nessa partícula.

### *Dividir para entender*

Além das simulações em laboratório, são feitos também modelamentos teóricos que descrevem a colisão dos elétrons com as moléculas de combustível.

O cálculo teórico é feito por meio da colaboração com pesquisadores de outras instituições que também atuam no projeto. São especialistas da Universidade Estadual de Campinas, da Universidade de São Paulo, das universidades federais do Paraná e do ABC e de duas instituições norte-americanas, o Instituto de Tecnologia da Califórnia e a Universidade do Estado da Califórnia em Fullerton.

"Cada reação é estudada a fundo nos experimentos aqui no laboratório em Juiz de Fora. Depois, o professor Michael Ballester, também da UFJF, utiliza-os para fazer a modelagem do plasma e o professor Jayr Amorim reproduz esse plasma no CTBE", resumiu Maria Cristina.

A ideia é dividir o problema em diferentes especialidades para aumentar as chances de entendê-lo e de apresentar uma resposta eficiente. São ao todo dez pesquisadores colaboradores de seis diferentes instituições de pesquisa além de estudantes de vários níveis, da iniciação científica ao pós-doutorado.

Um convênio bilateral entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a National Science Foundation (NSF), dos



Estados Unidos, auxilia o intercâmbio entre estudantes brasileiros e norte-americanos.

Desde o início do projeto, cinco estudantes dos Estados Unidos e dois do Brasil fizeram o intercâmbio atuando nesse projeto. "Isso é muito importante porque precisamos formar recursos humanos qualificados em todos os níveis para essa área de conhecimento", disse Maria Cristina.

### **3.7 Avaliação final individual**

Aqui, neste passo, realiza-se a aplicação de um questionário individual. Questionário este que pode ser aplicado como trabalho a distância permitindo que o aluno aprofunde-se mais ainda realizando novas pesquisas para responder as questões propostas. Lembrando que ele não função de servir como um definidor de conceito, mas como uma nova possibilidade de verificar, junto com o restante das atividades, o progresso do aluno na construção do conceito de plasmas e estados físicos da matéria. Seguem abaixo as questões:

*1 – O que você entende por estados físicos da matéria?*

*2 – Na sua concepção, o que caracteriza fisicamente a diferença entre os estados físicos da matéria tanto microscopicamente quanto macroscopicamente? (Fique a vontade para expressar-se também por desenhos)*

*3 – Leia atentamente o texto abaixo:*

*“O estado de agitação é grande e a desordem do sistema também. Átomos ou moléculas podem mover-se livremente e não apresentam volume nem forma definida. A medida que o tempo passa diminui a agitação e a desordem do sistema diminui também. Já é possível alguma atração entre os átomos ou moléculas com volume definido, porém sem forma física definida*

*ainda. Mais além, a agitação é bem menor e a desordem diminuiu ainda mais e com isso agora tanto forma quanto volume são definidos.”*

*O texto fala sobre que fenômenos? Justifique.*

*4 – Qual(is) a(s) diferença(s) de um plasma para um gás?*

*5 – Para você o que significa a expressão “**gás ionizado**”?*

*6 – Os plasmas podem ser usados para facilitar e/ou melhorar a vida do ser humano? Como? Onde?*

*7 – Todos os plasmas envolvem necessariamente temperaturas altas, ou existem plasmas de menores temperaturas?*

*8 – Uma política de investimentos em pesquisas, como no estudo dos plasmas, pode reverter em benefícios para o Brasil? Você vê como necessário o investimento em tecnologias de ponta? Justifique.*

### **3.8 Avaliação conjunta da UEPS**

Propõe-se aqui que o professor traga o resultado qualitativo da questões da aula anterior e faça junto com os estudantes uma avaliação das aulas, colhendo sugestões, ideias e comentários a respeito das estratégias de ensino adotadas, focando nos pontos mais importantes das aulas.

### **3.9 Avaliação final da UEPS**

Aqui o professor deve analisar as aulas com base nas evidências coletadas ao longo do curso através de observação direta do comprometimento dos alunos, evolução dos resultados dos alunos nas aulas e avaliações e a cerca dos comentários dos alunos na aula final. O objetivo é analisar a eficácia da UEPS na promoção da aprendizagem significativa do conteúdo plasmas. É também o de verificar se a UEPS deve ser modificada em alguns de seus passos.

## REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA ADICIONAL

BRASIL. SEMTEC. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Relatório de monitoramento de educação para todos Brasil 2008: educação para todos em 2015; alcançaremos a meta?** Brasília: UNESCO, 2008.

BUZAN, T. **How to mind map**. Thorsons, London, 2002.

DAMÁSIO, F. CALLONI, G. **Plasma: dos antigos gregos à televisão que você quer ver**. Física na Escola. V. 9, n. 1, 2008.

MENEZES, L. C. de. **A matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005

MOREIRA, M. A. **Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review, v. 1, n. 2, p.43-63. 2011. Disponível em <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID10/v1\\_n2\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf)>. Acesso em 08 março de 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais & diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do autor, 2006.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **Física na Escola**, v. 4, n. 1, 2003.

ZIEBELL, Luiz F. **O quarto estado da matéria**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2004. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/tapf/n15\\_Ziebell.pdf](http://www.if.ufrgs.br/tapf/n15_Ziebell.pdf) Acessado em 24 de julho de 2013.