

## **APRENDIZAGEM ATIVA EM ENGENHARIA AMBIENTAL – DISCIPLINA DE CONVERSÃO ENERGÉTICA**

**Primeiro Autor** – lisandra@utfpr.edu.br  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Engenharia Ambiental  
Rua dos Pioneiros, 3131 Pq. Morumbi  
86010-622 – Londrina – PR

**Segundo Autor** – lopesvieira@utfpr.edu.br  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Tecnologia em Alimentos  
Rua dos Pioneiros, 3131 Pq. Morumbi  
86010-622 – Londrina – PR

**Resumo:** *O perfil exigido do Engenheiro pelo mercado de trabalho vem se alterando a cada dia. Há necessidade por profissionais mais dinâmicos, ativos e criativos é cada vez maior. Isto demonstra que a sua formação também deve sofrer ajustes que possibilitem esta alteração em sua qualificação, que antes tinha um caráter unicamente tecnicista e hoje carece de uma capacitação mais ampla. Mecanismos de aprendizagens ativas parecem ser mais adequados para a capacitação desejada, visto que possibilita o aluno aprender a aprender. Discussões acerca de Conversão Energética são extremamente relevantes nos dias de hoje, sobretudo em um curso de graduação em Engenharia Ambiental, onde o conhecimento sobre este tema proporciona uma visão ampla das possibilidades de utilização energética do planeta. Em razão a estes aspectos, a proposta deste trabalho foi aplicação de metodologias ativas de aprendizagem, como mapa conceitual e aprendizagem por problemas na disciplina de Conversão e Integração Energética, para o curso de Engenharia Ambiental da UTFPR – Campus Londrina. O resultado obtido foi muito satisfatório em relação ao aproveitamento multidisciplinar de forma individual e coletiva, possibilitando discussões muito mais profundas sobre os conteúdos abordados do que as discussões realizadas quando o formato convencional da disciplina era utilizado.*

**Palavras-chave:** *Aprendizagem ativa, mapa conceitual, aprendizagem por problemas.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O que meus alunos realmente apreendem do conteúdo proposto? O que conhecem de processos reais? Como relacionam o conteúdo da disciplina aos processos reais? Ou vivem na idealidade? Conseguem extrapolar além do ideal? Estas e outras perguntas fazem do docente um ser inquieto e insatisfeito.



A teoria da aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1982) apresenta a possibilidade de aprendizagem por duas maneiras distintas: a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa. A aprendizagem mecânica, ou conservadora, é a forma passiva de aprendizagem, na qual o professor é o personagem central do processo e transmite seu conhecimento ao aluno. Na aprendizagem significativa, o aluno é o agente principal de sua aprendizagem e ao professor cabe o papel de mediador entre o conhecimento e o aluno.

Observa-se nos cursos de Engenharia, de forma geral, a prática da utilização da aprendizagem mecânica, com uma visão unicamente tecnicista, onde o professor é o detentor do conhecimento e palestra rotineiramente sob seu objeto de estudo.

Este método possui suas vantagens do ponto de vista de que o docente possui conhecimento específico sobre o assunto, facilitando a composição do programa do curso (RODRIGUES & FIGUEIREDO, 1996) e por existir limites de aprendizagem bem definidos, o que facilita para aos docentes um controle maior das competências e habilidades que é necessário ser aprendido.

Por outro lado, esta aprendizagem centrada no professor pode sofrer distorções por conta do grau de especialização do professor (LUCKESI, 1995) além do desinteresse por parte dos alunos pela não compreensão mais ampla dos conteúdos, que transformam as disciplinas da área de exatas e tecnológicas em um aglomerado de equações desconexas, propiciando condições para um conhecimento frágil e volátil.

Se de um lado tem-se, na grande parte das vezes, alunos apáticos, conformados com a proposta de monólogo diário a que são submetidos e pouco questionadores, do outro lado existe uma sociedade ávida por engenheiros capacitados e capazes de contribuir com o desenvolvimento sócio- econômico e industrial do país. Este perfil passivo dos alunos pode ser contraditório aos dias de hoje e a postura rebelde inata aos jovens, mas pelo desconhecimento dos alunos sobre como pode ser interessante aprender, creem que a forma formal de educação é desinteressante e que não há nada que possa mudar. As escolas de ensino fundamental e médio no Brasil também possuem postura semelhante e salvo raras exceções não os ensinaram a aprender.

A vontade em aprender deve estar relacionada a quanto sentido o conteúdo tratado possui em relação ao universo do aprendiz. Como o aprendiz enxerga o conteúdo a ser tratado. Toda vez que experimentamos a curiosidade por algo, nos sentimos empolgados em conhecer mais a respeito, interessados em apreender sobre aquele assunto, ou seja, estamos motivados a aprender.

Aprendizagem significativa é representação do mecanismo humano de aprendizagem, onde há um relacionamento da nova informação com a estrutura cognitiva do aprendiz de forma substantiva e não arbitrária, transformando o significado lógico em significado psicológico para o sujeito (MOREIRA, 2013). As vantagens do ponto de vista da estrutura cognitiva do aluno e na possibilidade de utilização para experimentar novas aprendizagens. Ausubel (1982) declara existir três fatores determinantes para que a aprendizagem seja significativa: a vontade de aprender, a existência de conteúdos potencialmente significativos e a utilização do pré-conhecimento do aluno sobre o assunto.

A vontade por aprender nasce da descoberta da utilização do conhecimento. Ninguém se interessa por algo que não sabe sua utilidade real. A importância do conteúdo em ser potencialmente significativo colabora nesta hipótese de que a compressão do que se trata o assunto para o meio que vivo e para que sou é importante.

O último fator valoriza o que o aluno já conhece o que demonstra que não haverá aprendizagem igual, mas que o processo é homogêneo, ou seja, baseado no que cada um já conhece (seus subsunçores) haverá uma nova compreensão sobre o assunto com a incorporação de novos conhecimentos e uma visão própria sobre o conteúdo abordado. E como deve haver formação de novos canais sinápticos a repetição do processo é importante nesta aprendizagem.

Para fomentar os três alicerces da aprendizagem significativa, metodologias ativas diferentes serão propostas durante a execução da disciplina:

- Utilização de mapas conceituais,
- Utilização da técnica de aprendizagem por problemas,
- Exercícios do mesmo conteúdo com níveis de dificuldade crescente são bons métodos de treinamento para aprendizagem.

A escolha por mapas conceituais como ferramenta deve-se ao fato de que mapas conceituais auxiliam na organização e representação de conhecimentos (NOVAK, 1977). São fundamentados na teoria da aprendizagem significativa, desenvolvida por AUSUBEL (1968 apud MOREIRA, 2011). Para que haja aprendizagem significativa, acredita-se o aprendizado de um novo conceito se origina da organização e da conexão desta nova ideia a uma base anterior de ideias já existente (subsunçores), transformando sua estrutura cognitiva. Sendo assim, sempre que for possível conectar uma nova ideia a exemplos que já são conhecidos, o aprendizado é facilitado.

A aprendizagem por projetos (PjBL) representa a utilização de problemas reais para ser resolvido por um grupo de alunos, fomentando capacidades como as habilidades sociais (trabalho em grupo) e científicas (pesquisa bibliográfica, realização de cálculos).

Segundo SOUZA & MENEZES (2005) a utilização de problemas facilita a formulação de diferentes processos mentais que fomentam a capacidade de apresentar hipóteses, analisar, interpretar e avaliar sobre um determinado assunto.

Esta metodologia foi utilizada como proposta de apresentar o conteúdo proposto pela disciplina de forma mais significativo, relacionado o conteúdo programático a problemas reais que enfrentarão enquanto engenheiros.

## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A disciplina de Conversão, Conservação de Energia e Eficiência Energética está inserida no 6º semestre do curso de Engenharia Ambiental. O sistema é semestral e a disciplina tem carga horária de 4 horas semanais. Tem como único pré-requisito a disciplina de Princípios de Eletrotécnica. Por não existir uma disciplina antecessora de Termodinâmica ou mesmo Físico-química, a disciplina desde a sua primeira oferta, no segundo semestre de 2009, possui uma roupagem de termodinâmica clássica, sendo discutidos os princípios da 1ª e 2ª Lei da Termodinâmica, Entropia, Máquinas Térmicas e eficiências de máquinas, uma vez que sua ementa proposta é: Sistemas de conversão e conservação de energia. Impactos energéticos ambientais. Métodos de conversão e conservação de energia. Eficiência energética. Os livros básicos da disciplina eram Princípios de Termodinâmica para Engenharia (SHAPIRO & MORAN, 2013) e Fundamentos da Termodinâmica Clássica (Wyllen et al., 2009).

A necessidade pela abordagem termodinâmica e a alta complexidade deste assunto, impedem uma posterior abordagem prática de assuntos de conversão energética de forma mais

específica pela falta de tempo. Esta forma de abordagem clássica da disciplina desestimulava os discentes e contribuía para índices de desistência e de reprovação superiores a 30%.

A aplicação do método ocorreu da seguinte forma:

No primeiro dia de aula, houve a contextualização da disciplina a respeito das possíveis formas de conversão de energia. Estes conceitos foram desenvolvidos a partir de um mapa conceitual (figura 1)

A Explicação do mapa proporcionou uma retrospectiva sobre as Leis da Termodinâmica estudada pelos alunos na disciplina de Física 2 como forma de acessar os subsunçores deste conteúdo.

Em uma análise do mapa é possível perceber que para haver conversão de energia, esta deve ser transferida e a energia só é transferida de um sistema para outro através de formas de energia restrita: calor e trabalho. É proposto então que a energia pode se apresentar na forma de energia interna (U), calor (Q) ou trabalho (W). É possível relembrar a 1ª Lei da Termodinâmica, que trata da conservação de energia. Para sistema fechado, segundo a equação (1):

$$\Delta U = Q \pm W \quad (1)$$

Para sistemas abertos, a energia interna somada ao trabalho de movimento do fluido graças ao escoamento dá origem a entalpia (H). Para sistemas em movimento, ou seja, fluidos escoando, a 1ª Lei da Termodinâmica, pode ser escrita conforme a equação (2):

$$\frac{dE}{dt} = \dot{m}_e \sum (H + E_c + E_p)_e - \dot{m}_s \sum (H + E_c + E_p)_s + W + Q \quad (2)$$

O mapa possibilita a ainda a visualização da 2ª Lei da Termodinâmica, que está relacionada com a direção natural de um processo. “Apesar da 1ª Lei garantir que a energia é conservada, ela nada pode responder a respeito de algumas formas de transferências de energia acontecerem espontaneamente e outras não...” por que o nosso café da xícara se resfria e nunca se aquece naturalmente?” “por que precisamos ligar o refrigerador na tomada para que ele se mantenha resfriando os alimentos?” Através da definição da segunda Lei da Termodinâmica pode-se verificar que o calor é uma fonte menos nobre de energia que o trabalho e é impossível construir uma máquina térmica que a única função seja a transformação de calor em trabalho, pois sempre existirá uma parte do calor que não poderá ser convertida. Por este motivo o calor foi colocado no mapa em um nível abaixo da energia interna e do trabalho. Esta ideia é necessária para começar a entender o conceito de eficiência, que só será compreendido plenamente com a definição de outra variável, que não foi citada no mapa: a exergia.

A partir das formas de energia possíveis percebemos como pode uma energia ser transferida a outra e qual é o nome deste processo. É importante notar que este mapa não faz uma análise de qual é a forma mais eficiente, para isto precisaríamos de ferramentas adicionais e que serão tratados posteriormente. O mapa trata de como a energia pode ser convertida e transformada.

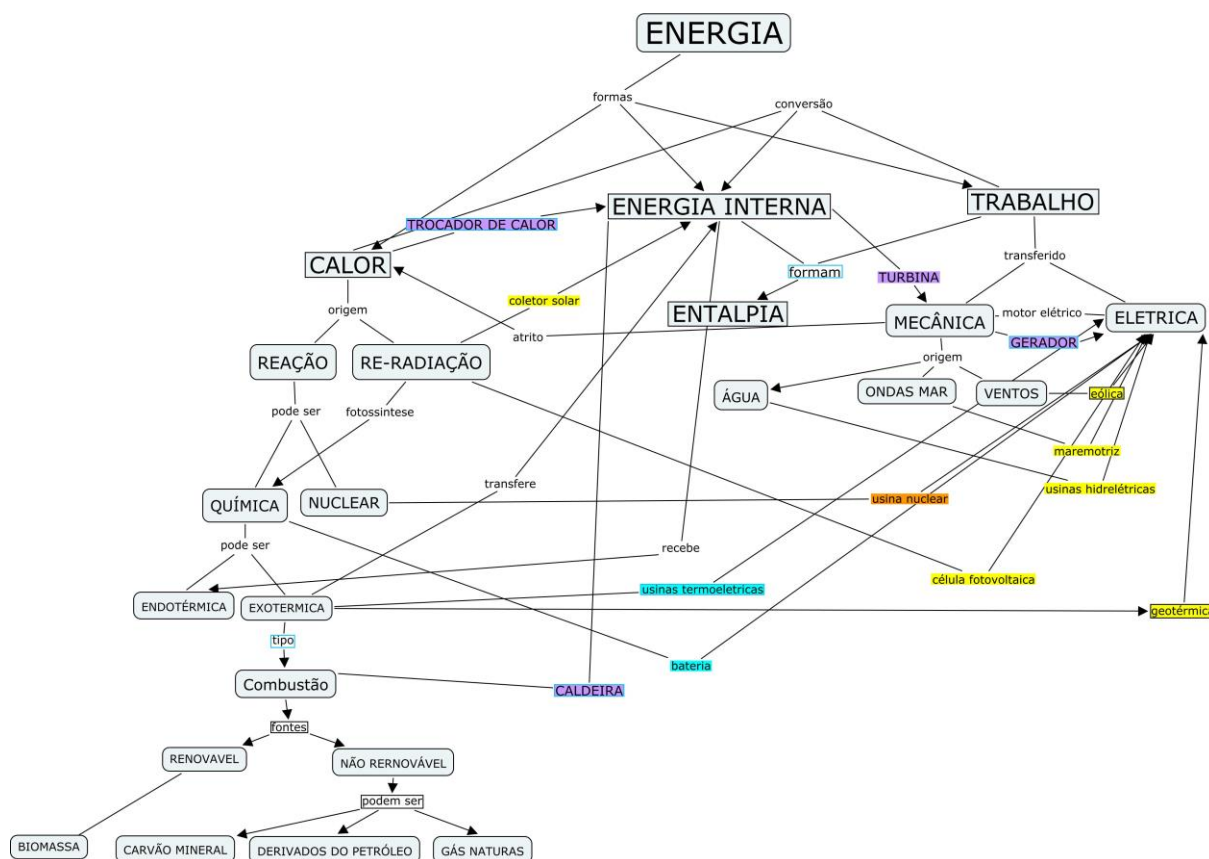


Figura 1- Mapa conceitual da disciplina apresentado no primeiro dia de aula

Após esta apresentação do mapa e discussão sobre as maneiras de conversão de energia em uma aula, sendo que na forma tradicional eram necessários de 6 a 8 aulas para abrangência de todos estes conteúdos, foi proposto aos alunos a formação de grupos de trabalho ao longo do semestre sobre qualquer forma de transformação de energia que lhe tivesse agradado.

Os grupos foram constituídos de três a quatro membros. 33 alunos estavam matriculados na disciplina e foram constituídos 9 grupos de assuntos diferentes. Os alunos tiveram uma semana para montar sua equipe e acordar sobre o assunto.

Na semana seguinte os temas propostos foram os descritos na tabela 01.

Algumas regras foram ponderadas para execução do trabalho em grupo:

- A escolha do apresentador do trabalho seria realizada por sorteio no dia da apresentação;
- O grupo poderia demitir um de seus membros se não estivesse satisfeito com sua participação;
- A nota de apresentação era individualizada, mas nota pelo conteúdo do projeto era coletiva;
- O trabalho foi dividido em 3 partes ao longo do curso que era realizado concomitantemente as aulas da disciplina, onde os assuntos eram tratados inicialmente de maneira formal e posteriormente levado ao conhecimento específico ao trabalho. Todas as partes tiveram que ser apresentadas pelo grupo. A nota deste trabalho correspondeu um terço da nota do semestre.

As aulas foram distribuídas ao longo do semestre da seguinte forma:

- Toda aula era composta de parte teórica – onde o assunto era apresentado;
- Parte de resolução de exercícios – em níveis crescentes de dificuldade;
- Parte final para discussão dentro dos grupos sobre assuntos relativos ao trabalho.

Como muitos grupos escolheram o mesmo tema, foi necessária uma subdivisão dos assuntos, chamada de especificidade na tabela 01, o que tornou possível uma análise interessantes sobre diferentes formas de execução do mesmo método de conversão de energia.

Tabela 01 – Temas dos projetos

GRUPO	ASSUNTO	ESPECIFICIDADE
1	Eólica	Rotores de eixo horizontal
2	Eólica	Rotores de eixo vertical
3	Hidrelétrica	Grande porte
4	Hidrelétrica	Acumulação
5	Hidrelétrica	Fio d'água
6	Fonte não renovável	Diesel
7	Biodiesel	Óleo de Palma
8	Energia a partir de biomassa	Cana-de açúcar
9	Termoelétrica de carvão vegetal	Briquetes

O trabalho foi dirigido e esquematizado conforme pode ser visualizado na Tabela 02:

**Parte 1:** Pesquisa bibliográfica sobre o assunto onde contenha forma de funcionamento, participação na matriz energética do Brasil e do mundo - Tempo de preparo: 4 semanas

Esta parte inicial aconteceu paralelamente com as aulas, que nesta etapa tiveram um caráter mais conservador, onde conceitos e os métodos de calculo de balanço de massa e de energia foram explicados. A inovação destas aulas aconteciam pela grande execução de exercícios no decorrer das aulas com temas relacionados as formas de conversão energética escolhida.

**Parte 2:** Nesta etapa foram definidas algumas particularidades de cada trabalho que foi dirigido pelo docente através do problema 1.

Nesta segunda apresentação a utilização de conceitos tratados durante as aulas foram amplamente utilizados e eles puderam se colocar a prova o real entendimento de cálculos como poder calorífico superior e inferior de um material; o entendimento das possíveis irreversibilidades do processo que precisam ser apontadas, onde a percepção das relações entre processo ideal e real se tornam mais nítidos.

**Parte 3:** etapa do projeto onde o assunto central foi a eficiência energética de cada uma das formas de conversão de energia analisada pelo grupo e em sala de aula, conceitos como entropia e exergia foram construídas.

Tabela 02 – Proposta de execução dos projetos

GRUPO	PARTE 1	PARTE 2
1,2	Definição de eólica; utilidades; poder energético e outras propriedades relevantes; Pesquisa sobre as regiões do mundo e do Brasil potenciais para implantação destas unidades; Utilização de energia produzida por parques eólicos no Brasil Forma de produção de energia – balanço energético deste processo – pode ser qualitativo; Impactos relevantes;	Monte um fluxograma operacional de uma usina eólica mostrando as formas de energia existente e o balanço de energia envolvido (não precisa conter valores- apenas fluxograma); Aponte no fluxograma as etapas do processo que julgue mais problemáticas em termos ambientais e energético.
3,4,5	Definição de hidrelétrica específica do seu grupo; utilidades; poder energético e outras propriedades relevantes; Pesquisa sobre as regiões do mundo e do Brasil potenciais para implantação de hidrelétricas; Utilização de energia produzida por hidrelétricas no Brasil; Forma de produção de energia – balanço energético deste processo – pode ser qualitativo; Impactos relevantes;	Monte um fluxograma operacional da usina hidrelétrica mostrando as formas de energia existente e o balanço de energia envolvido (não precisa conter valores- apenas fluxograma); Apontem no fluxograma as etapas do processo que julgue mais problemáticas em termos ambientais e energético.
6	Definição de petróleo; utilidades; poder calorífico e outras propriedades relevantes; Pesquisa sobre as regiões do mundo e do Brasil produtoras de petróleo; Utilização de petróleo no Brasil Forma de extração do petróleo – balanço energético deste processo – pode ser qualitativo; Refino de petróleo: explicação a respeito do processo; relação energética deste processo – qualitativo; Produtos obtidos a partir do petróleo. Impactos relevantes;	Monte um fluxograma operacional da extração de petróleo e produção de diesel, mostrando as formas de energia existente e o balanço de energia envolvido (não precisa conter valores- apenas fluxograma); Apontem no fluxograma as etapas do processo que julgue mais problemáticas em termos ambientais e energético.
7	Definição biodiesel, poder calorífico, forma de produção; Pesquisa sobre as potenciais matérias primas para produção de biodiesel, suas vantagens e desvantagens; Formas de produção biodiesel – balanço energético deste processo – podem ser qualitativo; Impactos relevantes;	Monte um fluxograma operacional de um processo de produção de biodiesel mostrando as formas de energia existente na matéria prima e no produto – biodiesel - o balanço de energia envolvido (não precisa conter valores- apenas fluxograma); Apontem no fluxograma as etapas do processo que julgue mais problemáticas em termos ambientais e energético.
8	Definição de biomassa, resíduo de cana de açúcar, poder calorífico; utilidades e outras propriedades relevantes; Pesquisa sobre a produção de bagaço de cana em relação a cana que entra no processo (razão massa etanol/massa de bagaço) Definição de combustão e relações energéticas Utilização de energia produzida pela combustão do bagaço Forma de produção de energia – balanço energético deste processo – pode ser qualitativo; Impactos relevantes;	Monte um fluxograma operacional de um processo de combustão do bagaço mostrando as formas de energia existente e o balanço de energia envolvido (não precisa conter valores- apenas fluxograma); Apontem no fluxograma as etapas do processo que julgue mais problemáticas em termos ambientais e energético.
9	Definição de biomassa, resíduo de madeira, poder calorífico; utilidades e outras propriedades relevantes; Pesquisa sobre a produção de briquetes Definição de combustão e relações energéticas Utilização de energia produzida pela combustão do bagaço Forma de produção de energia – balanço energético deste processo – pode ser qualitativo; Impactos relevantes;	Monte um fluxograma operacional de um processo de combustão da biomassa mostrando as formas de energia existentes na matéria prima e no produto – biodiesel - o balanço de energia envolvido (não precisa conter valores- apenas fluxograma); Apontem no fluxograma as etapas do processo que julgue mais problemáticas em termos ambientais e energético.



### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta forma mista de utilização do momento de aula como conceitos ora abordados de maneira formal, ora com sua utilização mais prática nasceu pela ânsia de promover aplicação aos conteúdos abordados, por vezes tentaram a utilização de um processo ativo durante todo o semestre em disciplinas de similar complexidade sem muito êxito. Alguns conteúdos como energia, entropia e exergia exigem esforços excessivos para serem compreendidos pelos alunos sem certo formalismo. De outro modo, a utilização apenas de livros didáticos sem a interação com o cotidiano, fazem destes assuntos um aglomerado de equações que pouca utilidade parece ter.

Ao final desta terceira parte dos projetos resultados muito satisfatórios foram encontrados além da aprovação de mais de 70% do grupo discente e índice de desistência inferior a 10%. Em dois grupos ocorreram a demissão de um colega, que teve que se adequar em outro grupo, sendo que um deles acabou por desistir da disciplina e outro trabalhou muito bem na outra formação. O interesse pela execução do trabalho foi alto e nenhum grupo desistiu do trabalho.

#### *Agradecimentos*

Agradecimentos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a Fundação Araucária pelo apoio recebido

### 4. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

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

MORAN, M. J. & SHAPIRO, H.N., Princípios de Termodinâmica para Engenharia, 7ª edição, Editora LTC, 2013.

Moreira, M.A. Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

Moreira, M.A., Aprendizagem significativa: Um conceito subjacente. <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/> site consultado em 20-04-2014

NOVAK, J. D. A Theory of Education. Ithaca, N.Y. : Cornell University Press.1977.

RORIGUES, M. L. V., FIGUEIREDO, J. F. C. Aprendizado centrado em problemas. Medicina (Ribeirão Preto). 1996.

SOUZA, F. G. M, MENEZES, M. G. C. Estresse nos estudantes de medicina da Universidade Federal do Ceará. Rev Bras Educ Med. 2005.

WYLEN, G. J. V., BORGNAKKE, C, SONNTAG, R. E. Fundamentos da Termodinâmica Clássica, 7ª edição, Edgard Blucher, 2009.





## ACTIVE LEARNING IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING - ENERGY CONVERSION COURSE

***Abstract:** The profile required the engineer by the job market is changing every day. There is necessity more dynamic, active and creative professionals is increasing. This shows that their training should also be adjusted to allow for this change in your qualifications, who previously had a purely technicist character and now needs a more extensive training. A mechanism of active learning seems to be more suitable for the desired training, as it allows the student to learn to learn. Discussions about energy conversion are extremely relevant today, especially in an undergraduate degree in Environmental Engineering, where knowledge on this topic provides a broad overview of the possibilities of energy use on the planet. Due to these aspects, the aim of this work was the application of active learning methodologies such as concept maps and learning problems in the discipline of Energy Conversion and Integration to Environmental Engineering course UTFPR - Londrina. The result was very satisfactory in relation to the use of multidisciplinary individually and collectively, allowing much deeper discussions on the content covered in the discussions when conventional course format was used.*

**Key-words:** active learning, concept map, learning Problem based Learning