

Apostila **01**_disciplina EM 972_Oferta e Demanda de Energia

Conceitos-chave e precauções no estudo das Fontes, dos Usos e dos Conversores de Energia¹

Oswaldo Sevá , 2006

1. Antes de falar em *oferta e demanda*, pensar nas *fontes e usos de energia*
2. De quais energias está se falando? Em quais etapas?
3. Possibilidades, crenças e maluquices antigas
4. A difícil coexistência de todos, tão diversos
5. Uma sucessão de fluxos de utilização de energia e ...de sua dissipação
6. Fontes primárias no planeta: poucas, boas, mas não milagrosas
7. Os conversores que nos interessam e suas eficiências
8. Quem usa, afinal, usa pra quê? e como?
9. Energia para obter energia, para a produção de outras mercadorias, para a reprodução das pessoas e da sociedade
10. As conseqüências dos usos fazem parte dos usos!

¹ Obs: No catálogo da graduação da FEM, o verbete da disciplina EM 973 – *Demanda e Oferta de Energia*, inclui os seguintes tópicos:

* *Recursos minerais energéticos e fontes renováveis de energia.* * *História da produção e consumo da energia no Brasil e no mundo.* * *Influência dos fatores tecnológicos, econômicos, políticos, sociais e ecológicos em sistemas energéticos como petróleo, carvão mineral, gás natural e outros.* * *Avaliação crítica do suprimento de energia.* * *Descrição dos usos de energia nos principais setores da sociedade moderna e sua evolução recente.* * *Demanda e utilização de energia.* * *Fluxos de energia e estruturas de consumo* * *Gestão e políticas energéticas.* * *Planejamento energético.*

Explicações necessárias:

Ao se iniciar a implantação da modalidade Energia e Meio Ambiente na graduação de Engenharia Mecânica na FEM / Unicamp, coube - me a atribuição de lecionar pela 1^a. vez, em 2004, a disciplina **EM 972**, intitulada **Oferta e Demanda de Energia**, que faz parte do grupo das disciplinas eletivas nesta modalidade.

Anteriormente, foram oferecidos por alguns professores do DE, conteúdos mais segmentados de Energia, sempre de modo eletivo, suplementar, em disciplinas eletivas desse curso, tais como Fontes de Energia, e, separadamente, **Demanda de Energia (EM 087)**.

Por volta de 1994, uma iniciativa de docentes do Depto de Energia criou a disciplina eletiva **EM 048, Gerência Energética em processos industriais**, e, oferecida por mim algumas vezes desde 1994, com turmas de 8 a 15 estudantes, e sempre com alguns desdobramentos nos estágios (supervisionados outros docentes) e em alguns trabalhos de Iniciação científica ou de conclusão de curso por mim orientado. Infelizmente, foi suprimida no catálogo atual.

Além disto, desde 1999, também foi oferecida (três vezes por mim) uma nova disciplina dentro do grupo da sigla AM (de Áreas Multidisciplinares, aberta a estudantes de todos os cursos da Unicamp), com um conteúdo bastante relevante: **Usos de Energia na Sociedade (AM-010)**, suponho que continue no catálogo e que possa voltar a ser oferecida.

Uma boa parte dos textos didáticos a seguir, agrupados em duas apostilas, foi usado com essa mesma função na turma do 1^o. Semestre de 2003 da **AM-010**.

Algumas idéias centrais e exemplos dessa apostila, na parte relativa à eletricidade foram por mim expostas num encontro de Grupos de Trabalho – GTs de Energia, de Florestas, de Clima, do FBOMS – um Fórum Brasileiro formado por organizações não governamentais Ambientalistas e entidades dos movimentos sociais. Lá me coube fazer a palestra de abertura dos dois dias de trabalho, cuja pauta incluía a *“Análise da Conjuntura Brasileira e do novo modelo do setor elétrico*, também mencionava *a participação e controle social, o Proinfa - programa de Incentivo às fontes alternativas ...então recém- lançado pelo governo federal, e, até... as perspectivas para uma política energética sustentável.*

Na apostila 02 dessa série, me servirei de trechos dos mesmos argumentos apresentados para o pessoal daquelas entidades, e também da mesa redonda *“O novo modelo do setor elétrico e o tratamento dado às questões ambientais e sociais”*, no II Encontro da ANPPAS - Associação Nacional de Pesquisa e Pós Graduação em Ambiente e Sociedade, em maio de 2004.

Prof Oswaldo Sevá, março de 2006

1. Antes de falar em oferta e demanda, pensar nas fontes e usos de energia

Seja para o melhor esclarecimento e a formação dos futuros engenheiros, uma parte dos quais atuará efetivamente no mercado de combustíveis, de energia elétrica, de máquinas conversoras e equipamentos para transmissão ou transporte de energia, - seja para o avanço das lutas e propostas das organizações não governamentais e de movimentos não empresariais - comecemos pelo seguinte fato:

- no debate sobre as fontes de energia, é comum alguém esquecer ou desvalorizar o debate sobre os usos da energia, e sobre os conversores, que são os meios materiais e as instalações que possibilitam converter uma forma de energia em outra.

E, mesmo quando se chega a explicitar as fontes e os usos, e com quais conversores se pode obter aqueles usos a partir daquelas fontes, pode ainda restar uma grande margem de dúvida e de possibilidades sobre

- * o quê exatamente se está querendo com aquele **uso final** da energia, e sobre
- * outros possíveis **modos de se obter a mesma função ou serviço**.

Diante disto, a nossa pretensão nessa apostila introdutória é modesta:

ao se iniciar mais uma turma da disciplina cujo título é **Oferta e Demanda de Energia**, é bom que se adote conceitos - chave rigorosos e que se tome algumas importantes precauções, como se fossem vacinas contra certas facilidades ilusórias e certas manobras de desvio, comuns no calor do debate.

A primeira de tais precauções é reconhecer que o conceito combinado de **Oferta e Demanda** – esse duplo espelho do comércio - são expressões-chave da Economia como disciplina acadêmica, e se aplicam a quaisquer mercadorias que tenham um espaço real, social, de avaliação e de troca, onde quantidades e preços distintos são oferecidos por vendedores e são buscados por compradores.

Como não se trata de um curso para economistas, nem o professor é economista, acreditamos que o melhor  traduzir sistematicamente o título da disciplina EM 972 para **Fontes e Usos de Energia** – cujo escopo, alias, seria de todo modo, um conhecimento necessario, um pressuposto - chave para qualquer um que quisesse ou precisasse analisar situaoes ou problemas dos mercados, p.exemplo, do mercado brasileiro de eletricidade, de um mercado regional de combustiveis industriais, ou analisar as vendas no varejo de itens mais usuais, como pilhas, lampadas, velas.

2. De quais energias está se falando? Em quais etapas?

Delimitar bem sobre “o que” estamos conversando, e delimitar melhor ainda sobre o que estamos escrevendo e argumentando. Um dito italiano resume: **“parlando bisogna essere preciso”**, que podemos interpretar como *“quando estiver falando, seja preciso”*.

É bom reconhecer que na língua portuguesa falada no Brasil, e nos setores da sociedade onde circulamos, a mesma palavra tem distintos e numerosos significados e conotaoes. Tantas vezes já ouvimos ou lemos – energia como *energia humana*.  verdade que os humanos são tambem máquinas termodinâmicas complexas, cuja temperatura se mantem entre os 36 e 37 graus centígrados, e que fazem muitos esforços mecânicos, com mais ou menos força, mais ou menos potência.

Daí tomou-se um adjetivo que já era usado em outras situaoes – energético – (por exemplo, o suprimento energético de uma pessoa ou de uma fábrica) e se forjou recentemente um neologismo : *“o energético”* – usado assim, feito substantivo, erradamente do ponto de vista gramatical, mas usado para atribuir uma característica valiosa a alguns alimentos (p.ex. castanhas oleaginosas) e bebidas (p.ex. aquelas à base de guaran ou de sais minerais), que são muito calóricos ou que repem compostos químicos gastos durante o esforço muscular.

Outros já usam a mesma palavra energia ou seus adjetivos mais comuns, com sentidos mais psicológico e sociológico: um pai que tem mais energia, no sentido do controle sobre os filhos ou a família, um governante também, seria mais enérgico quando fosse mais duro, bravo, autoritário.

Aqui, nesse texto, e em geral, nos cursos universitários sobre Energia, estão incluídas todas formas e naturezas da **energia física** (que pode ser mecânica, térmica, química, elétrica, nuclear, magnética, e eletromagnética em várias faixas de radiação, incluindo a luz que conseguimos enxergar). Esta diversidade das formas de energia física se for estudada com profundidade como o fazem as ciências Física e Química, exige o domínio e aplicação de um grande conjunto de ferramentas teóricas e empíricas, o que dificilmente tem sido contemplado nos cursos. Por isto, está se falando em geral de algumas das formas usuais, que a sociedade utiliza amplamente: os **combustíveis**, ou seja, os materiais que são deliberadamente queimados, e o **calor** que sua queima fornece – ou pode fornecer (que é o conceito térmico da energia). Mais especificamente pode –se falar do **vapor** que se pode obter com esse calor, e que também é bastante utilizado. E ainda, está se falando da **força – motriz**, ou então da capacidade de realizar **trabalho mecânico** (que é exatamente o conceito mecânico de Energia), e da **corrente elétrica**, que é uma das formas, dentre outras, da energia elétrica:

Combustíveis	Calor	Força-Motriz	Corrente elétrica
---------------------	--------------	---------------------	--------------------------

Nas conversas, escritos e argumentos nos campos profissional, técnico, administrativo, em empresas, nas instituições, e nas áreas acadmicas equivalentes, quando o tema for Energia, devem ser destacadas sempre as três etapas lógicas do percurso:

As fontes , os usos e os conversores de energia.

Por isto ficou sendo esse o título desta apostila introdutória.

Vamos adiante, mesclando agora as explicações mais técnicas com os meus recados, que ficam no campo da crítica aberta, às vezes descambam para a ironia. Recados sobre os cuidados e precauções para evitar mal entendidos diminuir os enganos nas conversas, nos escritos, e em geral, nos argumentos sobre energia.

3. Possibilidades, crenças e maluquices antigas

A precaução geral é identificar, para poder se desviar a tempo, a argumentação ilusória e a geração de falsas expectativas. Para isto, a lógica ajuda, ao interligar sempre os usos, os conversores e as fontes de energia. Claro, não se pode focar exclusivamente os **usos finais** (por exemplo, se precisamos de calor para o preparo de alimentos), se não tivermos bem detalhado o funcionamento e as características dos **conversores que usamos** (fogão ou forno queimando gás derivado de petróleo; forno onde o objeto é bombardeado com radiações bem curtas, ou, “micro-ondas”), e dos conversores **que podemos usar** (fogão ou forno a lenha; panela colocada num concentrador de feixe de luz solar).

Também não adianta ficarmos na discussão dessa ou daquela **fonte de energia** sem explicar e ponderar muito bem quais são os usos possíveis e os previstos da energia proveniente daquela fonte e de **outras fontes possíveis**. Para se atingir o mesmo fim, pode haver várias rotas.

É bom que se consiga neutralizar um tipo de “*pajelança*”, não aquela enraizada na cultura secular dos pajés de tantas tribos indígenas, e sim as repetidas palavras rituais e os simbolismos contidos, porém ocultados nas soluções que se apresentam como milagrosas, e até como revolucionárias.

São assim os anúncios insistentes sobre essa ou aquela forma de energia que vai salvar a tribo da catástrofe certa. E que vai salvar a tempo! Por isso temos de neutralizar também o “*pardalismo*”, aquele espírito obsessivo dos admiradores do prof Pardal (das histórias em quadrinhos norte-americanas dos anos 1960,70).

O simpático professor, de penachos desalinhados sob um chapéu de guardar idéias, está sempre inventando máquinas que ele anuncia como geniais (e alguns desavisados crêem), mas que desrespeitam algum princípio fundamental da milenar Ciência Física:

o moto perpétuo, que não consome nada para realizar trabalho

o combustível limpo, cujas etapas de extração, de processamento e de queima não deixam resíduos e

a fonte eternamente renovável, a máquina que acrescenta energia nova ao planeta, a engenhoca que não dissipa nem calor, nem ruído ou vibração, nada, que é cem por cento eficiente *por decreto*.

4. A difícil coexistência de todos, tão diversos

Este campo de assuntos - no qual estamos apenas entrando - há de ter, como todos os demais, um impulso social principal, uma razão de ser, ou seja, estudamos tudo isto porque interessam muito  própria sociedade os **usos de energia na Sociedade**. Assim como interessavam muito à sociedade desde a Antiguidade e a Idade Média, o funcionamento do planeta, das estrelas e do céu, e, as forças naturais.

É um campo muito vasto, delicado, tratando de questões básicas da sobrevivência humana, o estudioso tendo que mencionar e encarar problemas da existência em sociedade, ou seja, incluindo as complexas e nem sempre compreendidas relações entre os seres vivos.

Relações de todo tipo:

- relações ecológicas e energéticas entre espécies que freqüentam o mesmo habitat, onde uns colhem ou caam outros para se alimentar, onde todos integram cadeias alimentares e onde desfilam gerações sucessivas de seres de tantas espécies distintas,
- relações dentre os humanos, entre indivíduos e gneros, no interior de seus grupos, etnias, povos, classes sociais, países,
- relações de cada grupo com os seus meios acessíveis para sobreviver, e relações entre os grupos, classes, etnias, países,...
- relações de cada grupo com os seus locais de vida e de obtenção de meios de vida, e com todo o Planeta, com a vida em geral

São requeridos para o estudo desse campo noções e conceitos da Física, e especialmente as leis básicas e as aplicações práticas da Termodinâmica, da Mecânica e da Eletricidade, e o aprendizado será mais eficaz se os participantes tiverem interesse concentrado em algumas tecnologias passadas, presentes e possíveis.

Também se requer a sensibilidade e a vontade de ampliar a compreensão da História e da Geografia, dos fatos e eventos do seu tempo e dos tempos dos outros, do seu local e dos demais, deste povo e dos demais, das regies que conhece e de todas as demais.

Para servir como um guia durante este curso, este texto é para ser lido várias vezes, conforme vai se avançando com outros textos, com os dados técnicos e comerciais do assunto, e com as imagens correspondentes.

Vá pensando nas respostas, enquanto lê. Para facilitar, siga os blocos de temas contendo as perguntas que foram desdobradas a partir das três palavras principais:

--- usos --- energia --- sociedade.

QUAIS USOS? de **QUAIS ENERGIAS** em QUAIS SOCIEDADES ?

QUEM USA? em QUAIS ÉPOCAS HISTÓRICAS ?

em QUAIS LOCALIDADES ?

5. Uma sucessão de fluxos de utilização de energia e ...de sua dissipação

Quais energias?

As que utilizamos atualmente são apenas quatro formas básicas:

CALOR LUZ FORÇA MOTRIZ ELETRICIDADE

Se tais formas de energia podem ser usadas pelas pessoas, é porque foram obtidas a partir **de alguma fonte, obtidas da natureza,**

E - foram **aproveitadas**, tornadas disponíveis, ficaram **acessíveis** para quem pretende usar o calor, a luz, a força motriz, a eletricidade, mesmo que tais pessoas interessadas estejam distantes dos locais onde se produza, por exemplo um combustível que fornecerá o calor, ou onde se produza a eletricidade que será consumida longe dali.

E como vão ser usadas? Para as atividades reprodutivas, as casas e tudo que nelas se faz com o uso de energia, para os motores dos veículos, embarcações, aeronaves, elevadores, trens,... que transportam pessoas e mercadorias.

Lá na ponta final, do último uso, tais formas de energia serão utilizadas na fabricação de produtos e transformadas em outras formas de utilização de energia, por exemplo, a eletricidade para amplificação de som ou amplificação de ondas eletromagnéticas para tele-comunicações; a eletricidade para força motriz para refrigeração; o calor para força motriz e para aquecimento de ambientes.

Assim, podemos dizer que, pelo menos uma terça parte do problema que nos interessa está em

- como obter tais formas utilizáveis de energia.

Uma outra terça parte, pela lógica, só pode ser

- como são de fato utilizadas tais formas de energia

Mas, o problema todo só começa a ficar esclarecido quando colocarmos em destaque as **conversões** da energia e os conversores (instalações, máquinas e materiais), que permitem colher, aproveitar a energia desta ou daquela fonte primária. Ao enfatizarmos a seqüência de todas as conversões até passarmos pelo último uso aproveitável da energia e chegarmos, é bom levar em conta que:

- em cada uma destas conversões, **sempre** haverá

- do ponto de vista do sistema que estamos analisando –

fluxos de energia gastos para dar partida e para manter o próprio sistema em funcionamento, p.ex.

para soprar ar em qualquer fogueira, lareira, churrasqueira ou caldeira industrial;

para acionar bombeamento e resfriamento de ar e de água;

para pressurizar e injetar combustível...

(a soma é por vezes denominada *autoconsumo* de uma usina ou uma rede elétrica ou de uma refinaria de petróleo)

fluxos de energia necessariamente **perdidos, dissipados**, ou seja, fluxos **descarregados** além da fronteira, para lá do perímetro do sistema, em outros corpos, em outros sistemas:

calor de baixa temperatura (não aproveitável) e calor aproveitável (raramente aproveitado), ruído, vibração, campos elétricos e magnéticos...

6. Fontes primárias no planeta: poucas, boas, mas não milagrosas

Tudo bem que o planeta é muito grande, quando comparado às nossas dimensões. Mesmo assim, sete bilhões de seres vivos e outro tanto de restos dos antepassados ocupam como biomassa total, uma pequena fração comparado com as algas e plactons, com a cobertura vegetal e suas raízes, com todos os demais animais, principalmente eqüinos, bovinos, caprinos bem mais numerosos do que nós.

O planeta com sua atmosfera tem muita vida dentro dele, de tal forma que o conjunto é algo vivo, com sua energia interna, de dentro de sua crosta, onde o núcleo se funde lentamente, e recebendo pelo lado de fora uma grande quantidade de energia solar, tornando-se um campo de trocas energéticas permanentes, crescentes. Para prosseguirmos, a questão é :

A partir de QUAIS FONTES podem ser obtidas determinadas formas de energia, essas que nós utilizamos?

Não são muitas, de fato, mas são estas as possibilidades existentes até aqui, e, as que têm sido “aproveitadas” pelas sociedades humanas:

1^a **O calor e a luz do Sol**, em parte convertidos na atmosfera do planeta, por sua vez também aquecida pelo seu **calor interno**;

2^a **As forças gravitacionais** do sistema solar, da Terra e da Lua,
- o quê, juntamente, de forma combinada com a 1^a fonte, origina o ciclo de evaporação, formação e transporte de nuvens, trocas de calor entre camadas da atmosfera, ventos, condensação das águas das chuvas, e, por causa do aquecimento e resfriamento diferenciados das porções distintas dos mares e dos oceanos, mantém a circulação das enormes correntes marinhas.

Por isto, a biosfera e a atmosfera funcionam como verdadeiras “máquinas termodinâmicas”, argumentação utilizada no compêndio italiano sobre Energia.²

3^a **A energia química** contida nas moléculas orgânicas, mais **as energias de ligação química e atômica** presentes nos elementos e compostos inorgânicos.

² argumentos ilustrados na obra de TRONCONI et alli, **Pianeta in Pretsito . Energia, entropia, economia**, Poggio: Macroedizone, 1991, uma leitura obrigatória deste curso, arquivo com uma parte traduzida, acessível em www.fem.unicamp.br/~seva

E só! Fora disto, são afirmativas desinformadas e *pardalismos*.

Mas, o Sol, a gravidade, as ligações atômicas e moleculares são apenas os três tipos de fontes das quais dispomos. Acontece que para o homem e seu milenar espírito prático, o que realmente decide é

* afinal, onde tais fontes se encontram? são acessíveis?

Caso venham a ser aproveitadas essas fontes ou caso se pretenda aproveitá-las, tem que ser resolvido como se faz o acesso a essas fontes de energia, e aí, caberá sempre a dúvida sobre o seu "horizonte" de utilização, sobre a sua "durabilidade". Aí as perguntas são sempre : se forem "aproveitadas" com esta ou com aquela **intensidade** nesse ou naquele **local, por quanto tempo** essas fontes naturais de energia estarão disponíveis? Para prepararmos boas respostas a questões tão amplas e cruciais, é bom lembrar alguns mecanismos básicos da Física e da Dinâmica planetária e aplicá-los ao nosso caso:

- a **radiação solar** que aqui cai agora, não interfere em nada com a radiação que cai acolá no mesmo instante;

- a que cai agora, seja aproveitada ou não, em nada influi naquela que cairá imediatamente após;

- se você pretende aproveitar essa radiação é bom saber que naquele local, "faz sol" durante x horas por dia e y dias por ano.

- a **força da gravidade** atuará sempre, mas, para uma mesma massa de matéria, a sua intensidade varia com o local (a latitude e a altitude);

- qualquer corpo ou matéria pode cair até o nível do mar, ou até o piso do mar, até o piso de alguma caverna natural ou até o final de um poço cavado na terra ou no piso do mar;

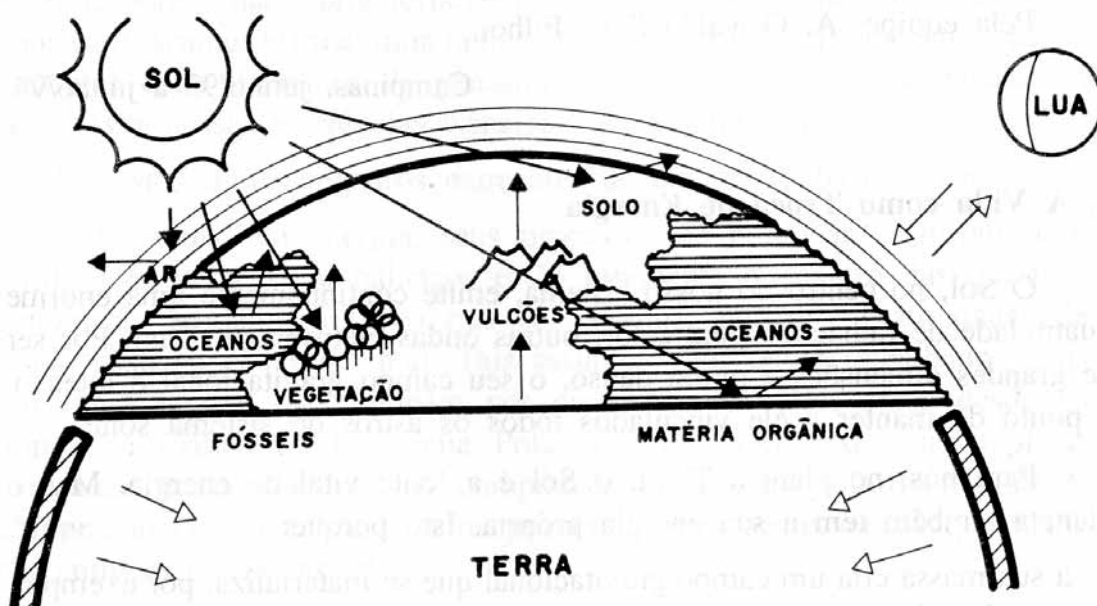
- se já caiu um tanto, diminuiu a sua energia, e, para subir qualquer altura, algum gasto de energia é obrigatório; vale o mesmo para o vapor d'água e outras emanações voláteis: água se torna vapor absorvendo calor; líquido se volatiliza absorvendo calor.

- as **ligações atômicas e moleculares** estão presentes - e são elementos estruturantes – em toda biomassa viva,
- e também da biomassa morta e da biomassa fossilizada (p.ex os **hidrocarbonetos** derivados de carvão mineral e de petróleo),
- e dos resíduos – após a utilização – dessas biomassas, (p.ex. todos os bagaços, galhos, fibras, cascas, palhas, dos vegetais processados como **carboidrato e gorduras** pelos animais, ou como matéria prima na indústria).

[A ilustração a seguir é uma tentativa de demarcar e resumir a nossa condição de conversores de matéria e energia dentro de um mundo vivo, dentro de um planeta vivo, com energia e recebendo energia, cuja crosta sólida, líquida e gasosa também funciona como uma máquina termodinâmica.]³

A reprodução da vida vegetal e animal significa uma permanente troca de energia entre os seres vivos, por meio das cadeias alimentares, e entre cada um deles e os elementos e compostos presentes nos solos, no ar e nas águas.

Figura 1
Ilustração Terra/Sol



Materiais orgânicos e de origem orgânica são fontes de energia que se manifestam de modos bem distintos:

³ SEVÁ FILHO, MEDEIROS, MAMMANA, DINIZ "Renovação e sustentação da produção energética", cap. 18 do livro de CAVALCANTI, C (org) : "**Desenvolvimento e Natureza. Estudos para uma sociedade sustentável**" São Paulo: Ed. Cortez, Recife: Fundação Joaquim Nabuco, pp. 345 - 365.

1. sua “digestão”, oxidao e processamento **como alimento**, significa um fluxo de calor para o corpo que está digerindo, para o meio no qual se d oxidao.

Porém,

2. podem ser queimados **como combustíveis**, pois a depender de seu teor de umidade e de seu estado de agregao, eles pegam fogo, podem alimentar um fogo, gerando calor de modo intencional, controlado (combustão) ou não (incêndio)

Aí devemos acrescentar na lista, além dos carboidratos e dos hidrocarbonetos, alguns isótopos dos metais radiativos (p.ex. de urânio, de plutnio, de tório) e alguns compostos inorgânicos fabricados (combustíveis como o enxofre puro, o hidrognio puro, o sódio puro).

Em tais casos, não se pode contar com “milagres” da termodinâmica:

- para obter bons combustíveis a partir das matérias primas naturais, vivas ou inorgânicas, deve-se gastar um bom tanto de energia.

Uma pedra que contem carvão mineral deve ser “purificada” para que se concentrem os compostos de **C** e **H** que queimam bem, os hidrocarbonetos e se descartem os que não queimam, que geram cinzas, p.ex.

Um hidrocarboneto gasoso - como o metano natural – ou mesmo um álcool leve – p.ex. o etanol - podem servir de base para obter o hidrognio, mas,...há uma enorme gasto de energia para quebrar as ligaoes de um **CH₄** e obter dois **H₂**, e...

outro tanto, para extrair alguns **H₂** de moléculas de **C₂H₅O**.

De modo similar, pode o hidrognio ser obtido da água, mas há que ser muito destilada e bem purificada, e depois, gasta-se ainda uma boa soma de eletricidade para partir de um **H₂O** e obter um **H₂**.

Nem se esperem milagres da química: no ar não existe somente o Oxignio **O₂** que vai queimar, e sim 78% de gás Nitrogênio, **N₂**. Qualquer queima, desde um palito de fósforo, um isqueirinho até um potente maçarico de **H₂**, vai aquecer o ar entorno, e isto provoca oxidao térmica do **N₂** para **NO**, **N₂O** ou **NO₂**.

7. Os conversores que nos interessam e suas eficiências

Se o que nos interessa são algumas determinadas formas de calor, de luz ou outro tipo de radiação, de trabalho mecânico, de trabalho elétrico, -

- por meio de quais **CONVERSÕES ENERGÉTICAS** podemos obtê-las?

Vamos encadear as perguntas:

Quais são os processos da própria natureza, e os processos das máquinas que **transformam uma forma de energia em outra?**

Quais os processos e instalações que permitem **acumular energia** de determinada forma, para uso posterior ?

Praticamente toda a ciência da Termodinâmica e todo o acervo da Engenharia mundial teriam que ser acionados para responder completamente a tais perguntas. No entanto, esse desafio vem sendo enfrentado por autores e “escolas de pensamento e pesquisa” em cujas mentes e mãos vêm sendo criados diagramas, figuras finamente elaboradas, mosaicos às vezes, esquemas visuais dos fluxos e dos nós das redes reais da natureza e da tecnologia. Duas dessas figuras que aqui escolhemos para transcrever (extraídas das obras de TRONCONI e de CULP, veja nas notas de rodapé) mostram como todos os conversores conhecidos, famílias de máquinas e dispositivos conhecidos podem ser descritos como etapas de conversão entre as formas de energia

Radiante ---química ---nuclear--- térmica ---mecânica ---elétrica

Assim, podemos sistematizar dentro do mesmo método, operações tão simples como

Um filamento de resistência que transforma eletricidade em calor,

e ir depois introduzindo as seqüências, percorrendo outras pernas da mesma figura, passando por outras formas de energia:

Se consideramos a lâmpada comum, há mais uma etapa que é a conversão de calor em luz, - que também ocorre numa corrida do aço fundente, num braseiro de fogueira, na câmara de combustão de uma fornalha a óleo, e na da turbina de avião(em algumas modelos, a chama é visível de fora).

Outro exemplo:

as conversões na cadeia produtiva do álcool que hoje serve de combustível para motores a explosão; começa com a fotossíntese no canavial, depois várias operações industriais usando energia mecânica, elétrica, térmica, até que se chegue no combustível especificado;

essa seria a última parada no retângulo da energia química; daí em diante são mais algumas laçadas no diagrama:

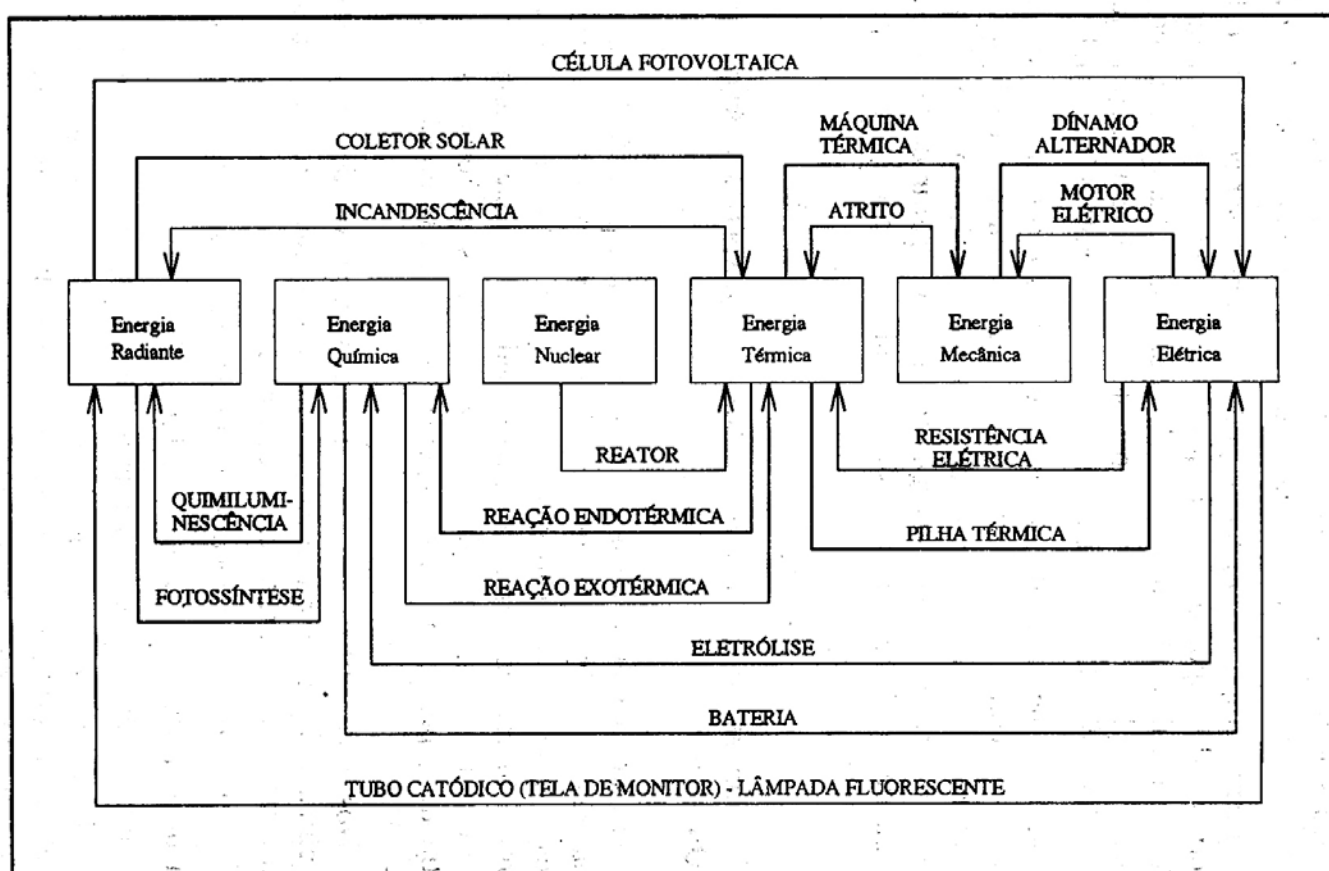
#no motor do carro, a energia química pela reação exotérmica da combustão vira energia térmica;

a expansão dos gases quentes no sistema pistão-manivela (máquina térmica ciclo Otto) além de esquentar bem o bloco do motor (e exigir um sistema de arrefecimento com radiador) leva à energia mecânica.

se quisermos continuar: ...boa parte do calor se perde com os gases e fumaças da exaustão; essa energia mecânica obtida na ponta do eixo vai se transformar em boa parte em atrito, que é calor, outra parte ainda vira barulho do motor e do escape, que também é energia mecânica. E assim por diante.

Invente suas máquinas e navegue pela figura para ver com quantas calorias se faz uma canoa...

Figura 4
As Principais Formas de Conversão de Energia. Exemplos de Tecnologias Energéticas Convencionais



Fonte: Adaptado de Tronconi et al., 1987.

Prossigamos: as interpelações seguintes são conhecidas de tanta gente.

Afinal, estes processos e essas máquinas funcionam com quais **RENDIMENTOS**, com quais **PERDAS**?

E também registremos questionamentos que infelizmente ainda são raros: ao funcionar assim, produzem quais **EFEITOS**, em quais etapas?

Para iniciarmos as respostas vejamos na página seguinte o diagrama das **eficiências de conversão** que extraímos do livro do CULP ⁴. Na 1^a. Linha estão os mesmos seis modos de existência da energia:

Química – Nuclear - Térmica – Eletromagnética – Mecânica –

(subdividida nas etapas Trabalho, cinética e potencial) e – **Elétrica** , em cujas colunas respectivas se poderá localizar o início ou o fim de determinadas conversões. Ou, pelo inverso, saber que aquela forma de energia não participa daquele conversor.

O autor da tabela escolheu vinte e oito conversores e em cada linha pode-se ver **o quê (energia de origem) se converte** , no circulo preto do início da flecha - e **o quê resulta (energia resultante)**, na seta do final da flecha. O autor dessa apostila realçou em cor azul os **conversores que partem da eletricidade** e os que produzem eletricidade, e em cor vermelha os **conversores que utilizam combustíveis fósseis**.

Os conversores estão listados do mais eficiente –

[que é o gerador elétrico de corrente alternada, de grande porte, com mais de 95% em uma etapa de conversão da energia mecânica do seu eixo (Work) em energia elétrica dos bornes de seu enrolamento] -

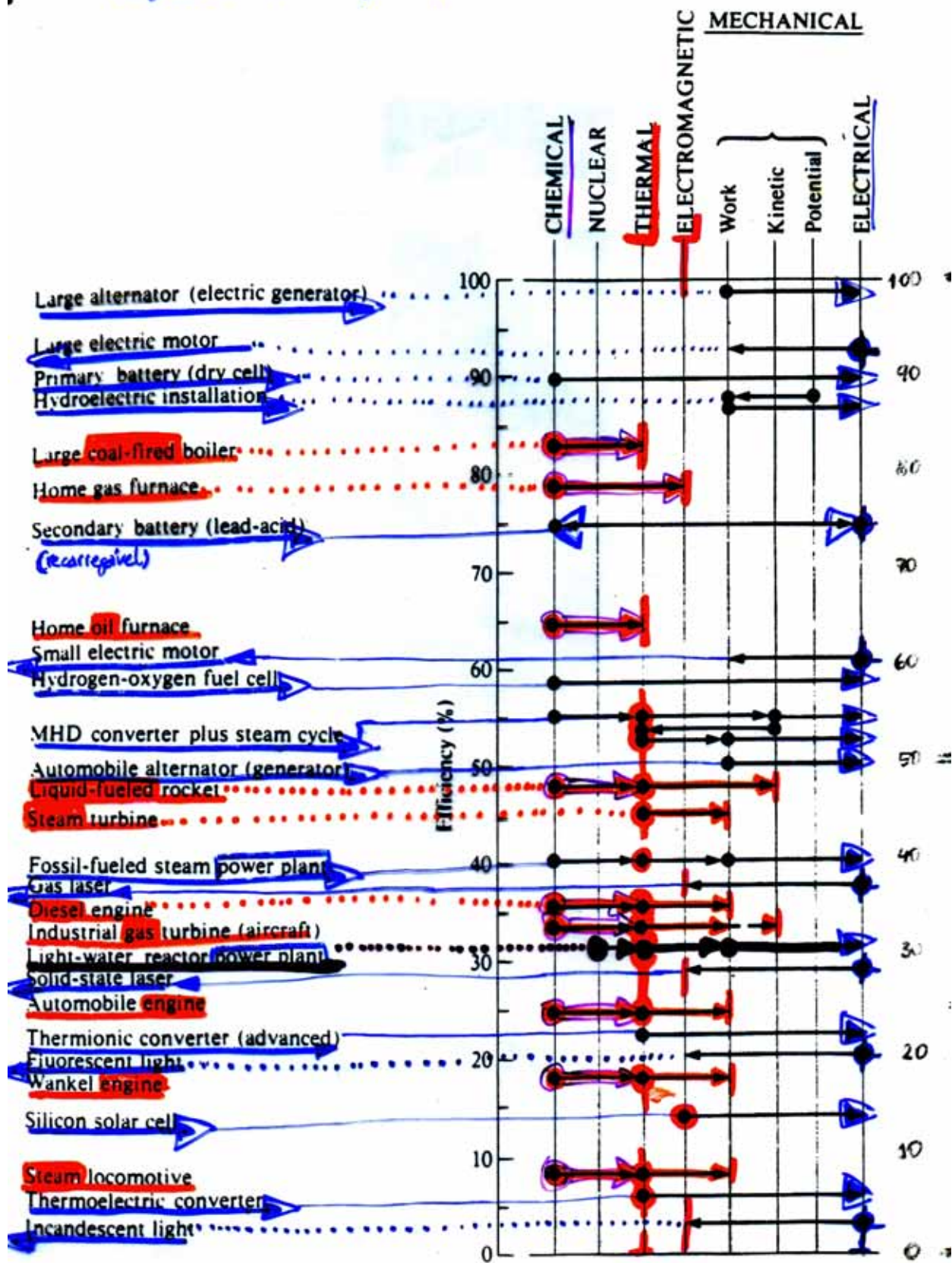
- para o menos eficiente [a lâmpada incandescente, de filamento que converte em luz, energia eletromagnética visível, menos de 5 % da eletricidade que consome(claro, pois a maior parte sai como calor!)].

Como veremos a cada vez que se exigir uma análise rigorosa, defensável, o numero da eficiência depende totalmente da etapa que se escolhe, da parte do sistema que fica dentro do perímetro analisado e do quanto ficou “fora”.

Exemplo: se o gerador tem 98% e a turbina hidráulica tem 88% , o grupo turbo gerador (na tabela,  *Hydroelectric installation*) terá eficiência multiplicada [$0.98 \times 0.88 = 86\%$]. Na prática, o autoconsumo de energia dentro da usina pode ir a 10% do total, a a eficiência real cairia para 74%. Se passarmos o perímetro da avaliao termodinâmica pelo conjunto usina –represa, teremos a perda de água por evaporao e junto um fluxo de calor latente, e principalmente, a energia dissipada no vertedouro, que abre alguns períodos por ano, às vezes com vazões maiores do que as vazões turbinadas. Se somamos o quê evapora mais o quê  vertido, isto pode significar por exemplo 50% da vazão total do rio. Aí a eficiência global ficaria em 37%. Afinal hidrelétricas se fazem para gerar eletricidade e não para verter! E verter  obrigatório... a não ser que pare de chover, pra sempre, rio acima!

⁴ CULP, Archie **“Principles of energy conversion”** New York: McGraw Hill Engineering, 1991.

ref: *Physics CULP*
PRINCIPLES OF ENERGY CONVERSION
McJaw Kill Louis Eyring



8. Quem usa, afinal, usa pra quê e como?

S depois de compreendidas estas etapas, das fontes e dos conversores, a sim podemos avançar com êxito no assunto dos “usos” destas formas de energia. Devemos fazê-lo sempre percorrendo ao longo da história humana, as sociedades anteriores às nossas de hoje - para tentar responder às questões:

QUEM USA? QUAIS ENERGIAS em QUAIS SOCIEDADES?

Temos que começar por distinguir entre:

* a **ENERGIA, FISICAMENTE**

ex: combustível tipo X, corrente elétrica tipo Y

e * as **FORMAS DA MERCADORIA ENERGÉTICA**

que são os bens e serviços a pagar, a cobrir os custos e a gerar lucros :

ex: o combustível X fabricado na empresa A, adquirido no posto B..., a eletricidade Y gerada pela empresa C, e distribuída pela empresa D, consumida pelo consumidor tipo Z.

Temos que prosseguir argumentando com esta distinção e com outras a ela associadas. Pois na história dos homens coexistiram

os **USOS MERCANTIS** e

os **USOS NÃO MERCANTIS** das formas de energia.

A luz do Sol pode não ser cobrada, mas... uma placa de tubos para aquecer água custa um certo investimento, permite economizar eletricidade que é paga.

O carvão vegetal que foi carvoejado pelo sitiante usando a lenha de suas próprias árvores pode servir para a torrefação da farinha dos grãos da sua própria subsistência, mas,... poderá ser vendido para alguma churrascaria, e, por intermédio da moeda, o sitiante poderá obter óleo diesel para um gerador que fornece eletricidade para sua moenda...

Coexistiram

os **USOS CIVIS** e

os **USOS MILITARES** das formas de energia e das mercadorias.

Basta lembrar o combustível gasto em treinamentos de unidades militares, às vezes de batalhões inteiros, esquadras, às vezes até com Forças Armadas de vários países. Mais as demonstrações solenes, desfiles, as efetivas ações pontuais ou

massivas. Relembre que em tantos países e ao longo das décadas recentes, muita munição, equipamento, combustível e eletricidade se consumiu em guerrilhas, atentados, e claro! nas operações espetaculares tipo bombardeios com esquadrilhas aéreas e a partir de embarcações, nas guerras mesmo, como tem sido nos Bálcãs e no Golfo Pérsico.

É útil e elementar como direito, como raciocínio, que possamos comparar tais usos de energia com os demais usos que nós, civis, fazemos e podemos fazer de um mesmo volume, p.ex. de gasolina em motores de lanchas, motocicletas, jipes, de óleo diesel em motores de caminhões, tanques e veículos blindados, ou de querosene nas turbinas dos jatos e helicópteros.

Prosseguindo, temos de registrar todos os usos de energia que podem ser identificados e diferenciados enquanto

USOS INDIVIDUAIS e COLETIVOS de energia,

USOS PRIVADOS e PÚBLICOS de energia

Faltaria ainda, para completar a avaliação de todas as situações incluídas no nosso título principal, esclarecermos em cada situação, qual , quais **finalidades de cada uso de cada energia**? São milhares de finalidades específicas, em locais, épocas distintas, com objetivos distintos, dos quais resumimos os grupos principais a seguir.

9. Energia para obter energia, para a produção de outras mercadorias, para a reprodução das pessoas e da sociedade

Há um uso que é contingente: usou para qualquer coisa, gastou necessariamente uma parte da energia ou o equivalente a essa parte, para poder “aproveitar” as fontes naturais, processar os fluxos de energia e de massa, gerar e transmitir a eletricidade obtida, fabricar, despachar, armazenar e distribuir os combustíveis sólidos, líquidos e gasosos.

Por isso se diz com razão, que as próprias cadeias produtivas do combustível e da eletricidade exigem alguma dose de **AUTOCONSUMO DE ENERGIA**. Isso, além das perdas, pois o fato é que em todas estas atividades, com tecnologias mais ou menos modernas, haverá sempre algum percentual de energia perdida, dissipada, inaproveitada ou não aproveitável. Basta dar exemplos reais, o leitor encontrará similares:

* Cada motor tipo diesel, baseado na explosão do óleo vaporizado dentro dos cilindros com uma alta taxa de compressão, sem centelha elétrica,  dos mais eficientes nesta família de conversores, usualmente na faixa de 36 % a 38%, e até alguns por cento acima.

Motores tipo Diesel têm menos perdas do que os motores a gasolina e a álcool, e são superados, neste critério de eficiência, apenas por alguns tipos de turbinas que queimam querosene especial ou gás metano, que podem ultrapassar os 40 %, ou 42% de eficiência. São que para suprir o leo Diesel pelo país adentro, gasta-se muito óleo diesel.

Para se garantir óleo diesel (para motores desse tipo que equipam a frota de barcos, caminhões e tratores, e para usinas termelétricas) em Rondônia, saem comboios fluviais por mais de 1.000 rio acima a partir da Refinaria de Manaus; e saem caminhões - tanque desde Paulínia, SP (onde fica a Refinaria Replan). Um deles carregando trinta a trinta e cinco mil litros de combustível por quase três mil km de estradas poderá gastar uns 600 a 700 litros do mesmo combustível, equivalente a 2% da carga transportada.

* Entre a eletricidade que sai dos pólos de um gerador na casa de força de uma usina ...até que o leitor acione digamos um pequeno motor elétrico em sua casa, perde-se uma parte da própria energia transmitida (para poder elevar a voltagem na saída da usina e transmitir pelas linhas de alta tensão), e perde-se ao longo destas linhas por causa do campo eletromagnético criado, e do aquecimento dos cabos, perde-se depois rebaixar a voltagem nas subestações das cidades e depois nos transformadores dos postes até a tomada em sua casa. No total, esta quebra seja de menos de 10%, mas pode ser talvez mais de 20% dependendo do caso.

E na ponta final do consumo, o seu motorzinho são aproveitar 40 ou 50% do quê chegou pela rede para você aspirar o p dos moveis ou para bater uma vitamina no liquidificador!

Em seguida: de tudo que chega para o consumo final, gasta-se uma grande parcela de toda a energia, em uma região, um país, e, no mundo todo, para sustentar a **atividade econmica produtiva / construtiva**. Logicamente, uma outra parte substancial para assegurar todos os seus **transportes** de materiais e de força de trabalho, e todos os seus esquemas de **comunicações**.

Alguns exemplos:

Um as três quartas partes ou mais, de todo o petróleo consumido em uma dada região pode estar sendo queimado **apenas no transporte rodoviário**; ao longo do ano, o consumo pode variar muito conforme as épocas e os volumes das safras agrícolas (cuja matéria prima resultante tem que ser transportada, após a colheita, para as usinas e indústrias, ou cujos produtos prontos tem que ir para o comércio atacadista ou para a exportação...) e neste caso, afetaria o consumo de óleo diesel (tratores, colheitadeiras, caminhões, trens com motores diesel); e também varia conforme os períodos e os hábitos de viagens de lazer, temporada, turismo, etc...- que são eventos e épocas durante as quais é bastante afetado o consumo de gasolina e de gás de botijão, nos locais de origem ou de destino dos que viajam...

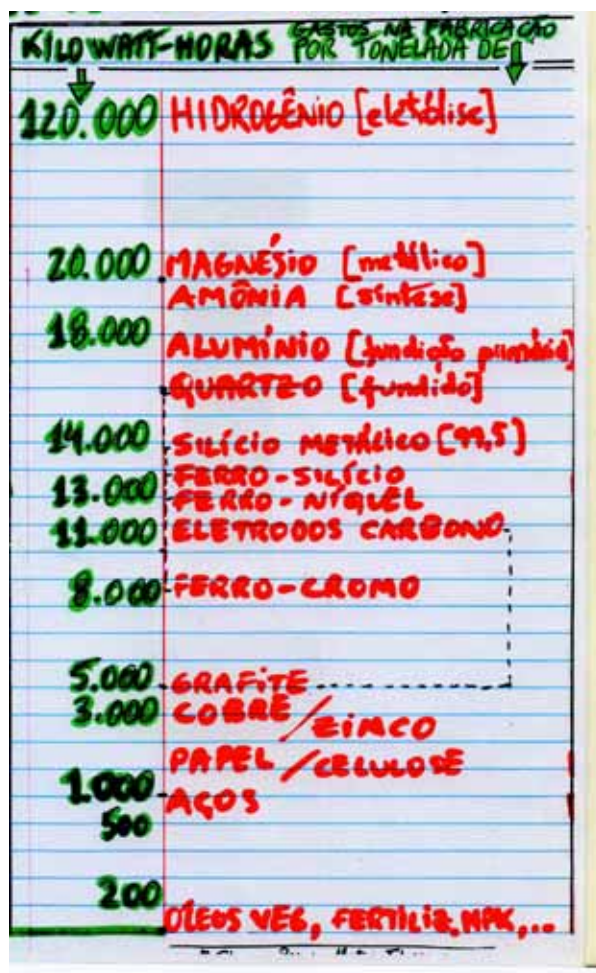
Em alguns sistemas de geração e transmissão de eletricidade, pode estar conectado um pequeno grupo de **indústrias com alto índice de consumo de eletricidade** em seus processos, cujo consumo total pode representar metade, ou 2/3 de toda a eletricidade consumida na região.

A figura inserida a seguir, compilada de várias fontes, (as principais são os compêndios de SHREVE ⁵ e de BROWN ⁶) mostra alguns patamares dentre os maiores consumos industriais de eletricidade requerida. Aí estão

- os fornos do tipo arco voltaico (com uma descarga poderosa de eletricidade, como se fosse um raio)

- as cubas de eletrólise (onde passa uma corrente elétrica de 100 mil ampères, enquanto os nossos chuveiros elétricos puxam correntes de 30 a 40 ampères em geral);

Resultado prático: uma tonelada de uma liga de aço com manganês e silício ou de alumínio fundido assim produzidos podem consumir mais de quinze mil kilowatts-hora, - enquanto uma residência média consumindo 300 kwh / mês levaria mais de quatro anos para gastar a mesma quantidade ...



⁵ SHREVE's Chemical process industries trad Industrias de processos químicos, RJ: Ed. Guanabara Koogan, 1997, 717 pp

⁶ BROWN, Harry, Hamel, B., Hedman, B., Energy Analysis of 108 industrial processes Lilburn: The Fairmont Press Inc., 1996, 312 pp

E para fechar as contas, gasta-se outra grande parcela de toda a energia para a **atividade humana reprodutiva**, o que inclui - desde a reposição quotidiana da força de trabalho, e dos processos de trabalho doméstico, até os locais de alimentação coletiva, e os serviços de atendimento às crianças, aos idosos, o atendimento de saúde e hospitalar; presídios e outros internamentos. Na mesma rubrica colocamos o gasto de energia para o aparato **educacional** (quanto diesel gasto nos ônibus e vans que fazem transporte escolar em todas as cidades e em tantas áreas rurais?) e de **hospedagem e lazer coletivo**. Também neste caso, temos que somar toda a energia consumida para os **eventos coletivos**, e para todos os **transportes e comunicações** mobilizados nestas atividades. (quanta energia num Carnaval no Sambódromo, num mega-show no Morumbi?)

Enfim, se a nossa lista pode um dia estar completa ... gasta - se outra parcela de energia para a **manutenção e segurança** de instituições, organizações, patrimônios, propriedades, glebas, e de pessoas, o que no mundo atual vai muito além das seguranças oficiais das autoridades...

Isto, além da energia de uso militar já comentada. A conta vai ainda mais longe, se adicionamos as **operações de controle, de informações para o Estado e para as corporações, de repressão**, e que também requerem energia para comunicação e para transportes de materiais e de pessoas.

10. As conseqüências dos usos fazem parte dos usos!

Se não acreditar nem concordar agora, aguarda para ler em outros textos:

O uso de combustíveis e de eletricidade obviamente altera a situação das fontes de onde são extraídos. Se a matéria prima é mineral ou fóssil, se acabará. Se é de origem vegetal, pode ser renovada. Se vem das águas, o ciclo é renovável, mas o aproveitamento pode não ser, ou pode ser decrescentemente renovável. Muitas represas emitem gases orgânicos, algumas colapsam e arrasam. O suprimento de combustíveis e o suprimento de eletricidade são também intrinsecamente consumidores de mais materiais e mais energia. Para que os conversores sejam fabricados, gasta - se material e energia. Dependendo de como sejam usados, se desgastam, quebram depreciam, um dia são desativados, devem ser descartados ou reciclados. Combustíveis queimam, muitos evaporam e vazam. Nas represas podem ser gerados gases orgânicos, usinas podem ter acidentes, graves e até mortais, nas centrais nucleares.

aosf 26 fev2006