

## **Bases materiais da ciência e da tecnologia: Um importante suporte para uma educação científica de qualidade**

Marcos Paes Torrecilha  
Mestre em Física / UFRJ  
mptorr@uol.com.br

### **Introdução**

Neste trabalho queremos abordar a necessidade e a utilidade de se conhecer as bases materiais alcançadas pela humanidade em um período chamado de pré-científico e com certeza pré-filosófico. Este conhecimento é fundamental para uma educação científica de qualidade. Vamos abordar aqui o processo histórico que vai até o limiar da filosofia, inicialmente identificada apenas com o questionamento do ser, característico da Grécia em um período posterior.

O processo histórico, desde os primórdios da humanidade até o caso extremo do modo de produção capitalista atual, é o processo do progressivo afastamento entre os homens e a natureza. Afastamento que é um dos pressupostos da origem e reprodução do capital, da valorização do valor.

A história das conquistas tecnológicas e científicas é uma parte importante deste processo. Por ser tão importante, pode ser estudada a parte, para depois integrar-se, já em um patamar superior, à totalidade da qual foi destacada.

Embora a humanidade exista há um milhão de anos aproximadamente, o que se conhece acerca de objetos de arte, gravuras, pinturas, sepulturas e esculturas data, no máximo, dos últimos cinquenta milênios. Antes disso, faltavam meios mais ou menos duradouros de expressar a cultura e as relações de produção.

### **Metodologia**

Seguindo os contornos de uma pesquisa histórica, fundada numa preocupação nitidamente educacional, procurou-se construir um quadro geral de informações a respeito da criação e do desenvolvimento dos proto-conceitos relativos à ciência e tecnologia que vão nortear o nascimento da filosofia. Nesse sentido o pensamento de Marx é fundamental. Um exemplo de fonte prioritária de investigação é o das FORMEN (Formações

Econômicas Pré-Capitalistas), um texto de 1856, em que Marx, filosoficamente, analisa o processo de separação entre os homens e a natureza, processo que segue ininterruptamente o curso da história e que culmina no modo de produção capitalista, onde os trabalhadores, completamente despojados de todo e qualquer bem devem ir ao mercado de trabalho para satisfazer suas necessidades mais básicas.

Foram, igualmente, utilizadas várias outras fontes de reconhecido valor, devidamente apontadas ao longo deste trabalho. O eixo interpretativo das informações coletadas esteve sempre voltado para a explicitação das cargas teóricas e na explicitação dos pressupostos presentes na construção dos novos conceitos.

## **Discussão**

### **a) Da caça-coleta à agricultura**

No decurso dos últimos dez mil anos os homens tudo criaram, descobrindo todas as técnicas. Nos primórdios, tratava-se de uma época em que se pensava sobretudo em satisfazer necessidades materiais. Não se podia ainda conceber a investigação pura. A tecnologia produzia ao mesmo tempo instrumentos para aumentar a produção de víveres e assegurar a manutenção da espécie, mas também uma progressiva interpretação dos fenômenos da natureza necessários ao próprio processo de trabalhar e criar nova tecnologia.

Os homens da chamada era paleolítica, na qual predominavam a caça e a coleta, criaram uma grande variedade de objetos destinados ao preparo de materiais e armas para a captura de suas presas. Seus descendentes neolíticos foram responsáveis por uma importantíssima inovação: a da agricultura e pecuária estabilizadas, não-nômades. Estima-se que esse período é o do sexto milênio antes da era cristã. Essa agricultura, porém, exauria rapidamente a fertilidade do solo. Esse foi o fator que, provavelmente, limitou o tamanho e a estabilidade da maior parte dessas comunidades neolíticas. Em grau menor essa limitação ocorreu nos vales do Indo, do Tigre-Eufrates e do Nilo, onde as enchentes periódicas dos rios depositavam anualmente uma nova camada de lodo fértil. Os homens do período neolítico conheceram uma série de transformações sociais e tecnológicas: aprenderam a domesticar animais, descobriram que as

sementes silvestres podiam ser plantadas e que a irrigação era benéfica às áreas cultivadas. Desse período datam as culturas do arroz, trigo, milho e alguns tubérculos. A produção de excedentes de alimentos contribuiu para o desenvolvimento da armazenagem de grãos e da preparação das bebidas fermentadas, como a cerveja. Também começaram a surgir as técnicas da fiação, da tecelagem e da cerâmica.

Todas estas transformações sociais podem ser compreendidas através da relação dialética entre o produto excedente e a divisão social do trabalho (especialização de funções), que separa o trabalho comercial e industrial do trabalho agrícola. A partir de um pequeno produto excedente é possível ao grupo social (comunidade) realizar uma certa especialização de funções. Como conseqüência desta divisão social do trabalho, produz-se um excedente cada vez maior que o necessário para manter esta comunidade e seus indivíduos. Portanto, pouco a pouco se ampliam as possibilidades de geração desse produto excedente. O que é causa em um momento é conseqüência em outro e as funções particulares daqueles indivíduos que vão manusear e aperfeiçoar as técnicas são garantidas pelo trabalho de outros indivíduos, produtores do excedente social.

É importante assinalar, nesse ponto da discussão, dois aspectos fundamentais: em primeiro lugar, falamos da natureza como a primeira base; em particular, trata-se da terra própria para o cultivo. Em segundo lugar, é importante perceber que os homens não são fixados a essa base, à natureza, por ação da própria; se trata, antes de tudo, de um pressuposto. Sobre isso nos fala Marx, (MARX, 1991)

"O primeiro pressuposto desta forma inicial de propriedade da terra é uma comunidade humana, tal como surge a partir da evolução espontânea (naturwüchsig): a família, a tribo formada pela ampliação da família ou pelos casamentos entre famílias, e combinações de tribos. Pode-se considerar como certo que o pastoreio, ou, dito de forma mais geral, a vida nômade é a primeira forma de sobrevivência, na qual a tribo não se estabelece em lugar fixo, aproveitando, antes, o que encontra no local e logo indo adiante. Os homens não foram fixados pela natureza (salvo, talvez, em certos ambientes tão férteis que pudessem subsistir com base em uma simples árvore, como os macacos; fora disto, eles teriam de mover-se, como os animais selvagens). Portanto, a comunidade tribal, o grupo natural, não

surge como conseqüência, mas como condição prévia da apropriação e uso conjuntos, temporários, do solo. Quando os homens, finalmente, se fixam, a maneira como esta comunidade original se modifica vai depender de várias condições externas <sup>3</sup>/<sub>4</sub> climáticas, geográficas, físicas, etc., bem como de sua constituição específica, isto é, de seu caráter tribal. A comunidade tribal espontânea ou, se preferirmos dizer, a horda (laços comuns de sangue, língua, costumes, etc.) constitui o primeiro passo para a apropriação das condições objetivas de vida, bem como da atividade que a reproduz e lhe dá expressão material, tornando-a objetiva (vergegenstandlichenden) (atividade de pastores, caçadores, agricultores, etc.). A terra é o grande laboratório, o arsenal que proporciona tanto os meios e objetos do trabalho como a localização, a base da comunidade. As relações do homem com a terra são ingênuas: eles se consideram como seus proprietários comunais, ou sejam membros de uma comunidade que se produz e reproduz pelo trabalho vivo. (...) Na realidade, a apropriação pelo processo de trabalho dá-se sob estas pré-condições que não são produto do trabalho, mas parecem ser seus pressupostos naturais ou divinos".

Retomando as idéias: a terra própria-apropriada e comunitária para o cultivo e a fixação independem da natureza. São pressupostos e não produtos do trabalho.

Outra referência a este período histórico, o período anterior às cidades, e à produção de tecnologia a partir do próprio processo de trabalho é encontrada em "O Capital" na seção III que trata do processo de trabalho e da relação dialética entre modificar a natureza e ser, ao mesmo tempo, modificado por ela. Marx refere-se ali aos primeiros grupos humanos, (MARX, 1983)

"Nas cavernas humanas mais antigas encontramos instrumentos de pedra e armas de pedra. Ao lado de pedra, madeira, osso e conchas trabalhados, o animal domesticado e, portanto, já modificado pelo trabalho, desempenha no início da história humana o papel principal como meio de trabalho. O uso e a criação de meios de trabalho, embora existam em germe em certas espécies de animais, caracterizam o processo de trabalho especificamente humano e Franklin define, por isso, o homem como a toolmaking animal, um animal que faz ferramentas. A mesma importância que a estrutura de ossos fósseis tem para o conhecimento da organização de espécies de animais desaparecidas, os

restos dos meios de trabalho têm para a apreciação de formações sócio-econômicas desaparecidas. Não é o que se faz, mas como, com que meios de trabalho se faz, é o que distingue as épocas econômicas".

## **b) As cidades**

A idade do bronze, iniciada em 4 mil a.C., aproximadamente, foi generosa em invenções e descobertas, o que possibilitou uma reorganização econômica e social. Entre suas contribuições tecnológicas de grande alcance destacam-se o uso do cobre e do bronze (liga de cobre e estanho); a prática da fundição de metais; o emprego de veículos de roda; a invenção das embarcações a vela; e o florescimento da cerâmica da fabricação de tijolos. A generalização da agricultura como meio de subsistência favoreceu a criação de cidades, nas quais se desenvolveram métodos de artesanato industrial, principalmente em cerâmicas e técnicas básicas de metalurgia.

Na Mesopotâmia encontramos significativas obras do engenho humano para a criação de artefatos. Esta área da confluência dos rios Tigre e Eufrates é periodicamente inundada, o que proporciona o depósito de sedimentos, que restauram a fertilidade da terra. Era necessária alguma drenagem, mas sem que isso constituísse um grande problema técnico, de modo que era grande a produção de alimentos. A drenagem e o controle das inundações periódicas, com a construção de canais, podem ser consideradas tecnologias relativas aos primórdios da Engenharia Civil. O único metal relativamente abundante na Mesopotâmia era o cobre. Amplas reservas de argila também existiam, mas faltavam pedras e madeira. Contudo era possível fabricar pequenos barcos e veículos sobre rodas, primórdios das engenharias naval e mecânica. A crescente necessidade de administrar as cidades emergentes demandava a construção de grandes edifícios que abrigavam celeiros, oficinas e templos. Muralhas defensivas eram também necessárias, bem como a organização e o treinamento militar. Esta questão da defesa, já surge nas cidades mais antigas e se desenvolve até o ápice da civilização grega, como nos ensina Platão, nas Leis. De qualquer modo as formas básicas da arquitetura (a coluna, o arco, a cúpula e a abóbada) eram familiares aos sumérios, por volta de 3 mil a. C.

A segunda base é, portanto, a cidade antiga. Novamente encontramos em Karl Marx o fundamento para essa forma histórica, (MARX, 1991)

" A segunda forma (de propriedade) deu, como a primeira, origem a alterações substanciais, históricas, locais, etc. É produto de vida histórica mais dinâmica (bewetgen), do destino e da transformação das tribos originais. A comunidade é, aqui também, a condição prévia mas, diferentemente de nosso primeiro caso, não mais constitui a substância da qual os indivíduos são simples acidentes (Akzidenzen) ou meros componentes naturais espontâneos. A base aqui, não é a terra mas a cidade, núcleo já estabelecido (centro) da população rural (proprietários de terras). A área cultivada é território da cidade, enquanto, no outro caso, a aldeia era simples apêndice da terra. Por maiores que sejam os obstáculos que a terra possa opor aos que a trabalham e dela realmente se apropriam, não é difícil estabelecer uma relação com ela, enquanto natureza inorgânica do indivíduo vivo, como sua oficina, meio de trabalho, objeto de trabalho e meio de subsistência do sujeito. As dificuldades encontradas pela comunidade organizada poderão originar-se, apenas, de outras comunidades que já tenham ocupado anteriormente a terra ou que perturbem a comunidade em sua ocupação do solo. A guerra é, portanto, a grande tarefa que a todos compete, o grande trabalho comunal, e se faz necessária, seja para a ocupação das condições objetivas da existência, seja para a proteção e perpetuação de tal ocupação. A comunidade integrada por grupos de parentesco, é, pois, em primeira instância, organizada militarmente como força guerreira militar, e esta é uma das condições de sua existência como proprietária. A concentração de moradias na cidade é a base desta organização bélica. A natureza da estrutura tribal conduz à diferenciação de grupos de parentesco superiores e inferiores e esta diferenciação social se desenvolve ainda mais pela mistura das tribos conquistadoras e conquistadas etc. A terra comum  $\frac{3}{4}$  como propriedade estatal, *ager publicus*  $\frac{3}{4}$  se separa, aqui, da propriedade privada. A propriedade do indivíduo, diversamente de nosso primeiro caso, não é mais a propriedade comunal direta, em que o indivíduo não é um proprietário, quando isolado da comunidade, mas apenas seu ocupante."

Cidades como estas, que mantiveram suas características ao longo de toda antiguidade, surgiram na Mesopotâmia, ao norte de Babilônia. Sobre

as magníficas cidades daquele tempo, ouçamos Hegel nas suas lições de filosofia da história, (HEGEL, 1999)

" A verdadeira Assíria é uma parte da Mesopotâmia, ao norte de Babilônia. Cita-se que as capitais do império foram Atur, ou Assur, no Tigre, mais tarde Nínive, construída por Nino, o fundador do império assírio. Naquela época, uma cidade constituía todo um império. Assim Nínive  $\frac{3}{4}$  bem como Ecbátana, na Média  $\frac{3}{4}$  teria tido sete muralhas, entre as quais era praticada a agricultura; dentro da muralha mais central encontrava-se o palácio do imperador. Segundo Diodoro, Nínive tinha uma extensão de 480 estádios (mais ou menos doze milhas alemãs); nas muralhas de cem pés de altura existiam mil e quinhentas torres, dentro das quais residia uma imensa população. Uma população não menor do que essa tinha Babilônia. Essas cidades surgiram da dupla necessidade de abandonar a vida nômade e atuar definitivamente na agricultura, na manufatura e no comércio  $\frac{3}{4}$  e para se protegerem de povos montanheses e de assaltantes árabes."

É certo então, que encontramos desde cerca de 3500 a. c. os sumérios ao sul, construindo as cidades de Ur, Nippur e Babilônia e os acádios e assírios ao norte, nas cidades de Agadé, Assur e Nínive. A nova base é de fato a cidade, mas uma cidade que tem no trato com a terra, a agricultura, sua relação fundamental de manutenção e reprodução da vida humana. Todas as tecnologias vinculadas à manutenção e expansão dessas cidades, inclusive aquelas relativas à medicina que envolve a prevenção de moléstias que afetam grandes concentrações humanas já se encontrava presente, em alguns costumes de alimentação.

### **c) O estabelecimento dos fundamentos da matemática: as primeiras ferramentas matemáticas da tecnologia**

Os fundamentos da matemática foram estabelecidos pelos antigos sumérios e babilônios, que viveram no segundo milênio antes da nossa era. Desenvolveram os rudimentos da álgebra, que possibilitavam a resolução de equações quadráticas e cúbicas, surgidas de problemas de construção e de topografia. Em geometria eram capazes de calcular áreas de figuras planas e volumes de sólidos tais como pirâmides, cilindros e cones. Conheciam propriedades dos triângulos, isósceles e retângulos. Os sumérios, em particular, foram os criadores do fator-padrão 60, de grande

utilidade por permitir a divisão exata por 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 e 30. Este fator-padrão sobrevive até hoje com aplicações a medidas de ângulos e do tempo; também a expressão por dúzias parece estar relacionada a este fator-padrão: 12 (uma dúzia), 6 (meia dúzia), 60 (cinco dúzias) e 120 (dez dúzias).

Outro campo com muitas aplicações de tecnologia matemática utilizado com finalidade de solucionar problemas práticos foi o da astronomia. A astronomia sumério-babilônica-caldéia não era meramente de observação. Continha elementos de uma futura teoria astronômica propriamente dita como também um fundamento matemático.

As elites sacerdotais determinavam os costumes daqueles povos. Criaram seitas religiosas politeístas e dominaram os outros por melhor conhecerem os fenômenos celestes; eram considerados os intérpretes daqueles fenômenos.

Alguns fatos observáveis facilmente permitem reconstruir, ao menos em parte, os embriões de teorias astronômicas dos mesopotâmios. Em primeiro lugar, os chamados equinócios, ou seja, quando o dia e a noite apresentam a mesma duração temporal. Em segundo lugar os solstícios, ou seja, quando é máxima a diferença entre a duração do dia e da noite. Acontecem na estação quente aqueles em que a duração do dia é bem maior que a da noite (solstício de verão). Na estação mais fria o inverso, a duração da noite é bem maior que a do dia (solstício de inverno). De fato, pode-se inferir a duração do ano a partir da ocorrência de dois solstícios iguais e consecutivos. Também o movimento da Lua em relação às estrelas distantes fornece uma idéia de passagem do tempo e de sua contagem. A Lua, neste movimento, apresenta fases. Decorridos em média 29 dias e meio repete-se uma mesma fase. Isto pode levar a pensar que se verificam cerca de doze movimentos desse tipo marcados por fases, entre um e outro solstício de inverno, por exemplo, marcando aproximados doze períodos menores (meses) dentro de um período maior (ano). De fato, a questão era um pouco mais complexa: tratava-se de ajustar o calendário lunar ao movimento do Sol, pois a Lua é o relógio mais adequado a povos que sobrevivem da agricultura e da pecuária. Doze meses lunares médios representam 354 dias. Em três anos a diferença chega a um mês e, ao final de um período de nove anos a diferença equivale a uma estação inteira.

Uma decisão do rei criava um mês suplementar no ano (TATON, 1960), embora estudos científicos posteriores concluam certas irregularidades nessas intercalações.

Além disso, ao observar as estrelas distantes, estes notáveis observadores do céu verificavam que seus pontos de nascimento e ocaso eram invariáveis e também que as posições relativas entre estas estrelas são constantes, formando as constelações. Estas constelações podem ser observadas ocupando uma mesma região do céu em cada época do ano determinada. Por outro lado, astros que apresentam no céu uma forma semelhante às estrelas, movem-se lentamente entre elas. Os cinco planetas do sistema solar já eram conhecidos e seus movimentos, inclusive a inversão de sentido e as noites em que aparentavam estar em repouso. Este problema do movimento planetário, por não envolver questões práticas imediatas, era então considerado secundário.

#### **d) As cidades do Egito**

A inclinação do vale do Nilo é pouco pronunciada, é um vale estreito, e as águas do rio, que fluem mansa regularmente, não criavam grandes problemas de engenharia. As populações que habitavam as margens apenas construíram diques e bacias de irrigação para que as terras recebessem as águas fertilizadoras. Das cidades egípcias, Tebas é a primeira mais antiga e Mênfis a segunda. Maravilhas da arquitetura que ainda sobrevivem na forma de ruínas.

Por volta do segundo milênio antes de nossa era foram construídas represas e reservatórios, bem como um sistema de canais que possibilitou a expansão das terras cultiváveis  $\frac{3}{4}$  no espaço e no tempo, com irrigação ao longo de todo o ano.

Embora a base da produção fosse agrícola, estas realizações tecnológicas não foram as maiores dos egípcios. Seu grau de complexidade era pequeno quando se comparam com as pirâmides e mesmo com a tecnologia de embalsamamento de corpos.

Devido à crença que tinham numa continuação da vida após a morte, as técnicas (próximas da química) de embalsamar cadáveres estão entre suas principais realizações. Além disso, pelo mesmo motivo religioso já exposto, o armazenamento dos corpos embalsamados e também de um

gigantesco aparato de utensílios que julgavam necessário, ergueram-se as monumentais pirâmides.

Tudo indica não ter havido intercâmbio cultural direto entre egípcios e assírio-babilônicos. Estes últimos desenvolveram, nas matemáticas, mais a álgebra e a astronomia; por outro lado, os egípcios obtiveram maiores sucessos em aritmética. As técnicas de contagem eram de grande necessidade num país que não conheceu um padrão monetário e se estendia por cerca de mil quilômetros, com muitas províncias e com um governo central. Segundo o testemunho de Heródoto, em geometria, são dos egípcios as primeiras regras. Podiam determinar com notável precisão uma superfície de terra em formato circular.

Como já dissemos, a medicina egípcia foi muito avançada e os gregos, desde Hipócrates até Galeno, muito a pesquisaram e desenvolveram suas próprias técnicas apoiados nesta base.

### **Conclusão: a um passo da Filosofia**

Esta totalidade formada pelo elemento humano, a natureza, os meios de produção e as relações de produção convive, nas primeiras civilizações do mundo antigo, em perfeita harmonia com a *physis*, um conceito que será fundamental para os gregos e que retorna hoje com força às preocupações dos envolvidos com ensino de ciências. Embora existam guerras e toda sorte de conflitos menores; apesar da divisão entre homens livres e escravos; apesar de muitas outras condições adversas não existe qualquer ataque a este impulso vital. Pelo contrário, embora se extraiam massas consideráveis de pedras, madeira e metais, isso apenas arranha o planeta em sua superfície, sem causar danos maiores aos mananciais naturais.

Neste período do mundo antigo a produção não se volta para a troca, embora ela esteja presente inclusive com dinheiro em circulação. A troca se faz por necessidade de intercâmbio de valores de uso e todas as tecnologias desenvolvidas nessa época, para esse modo de produção, estão subordinadas a esta determinação. Mesmo as tecnologias voltadas para a ação guerreira estão assim determinadas.

Partimos da concepção materialista sobre o processo de trabalho, que é o próprio processo de construir tecnologia, porque todo trabalho depende de tecnologia; a própria evolução da mão humana, isto é, um processo de

diferenciação-evolução e a tomada de consciência antes do ato; a elaboração mental do ato, o projeto. Projetar para depois realizar, esta é a essência do conceito, de toda a história da natureza e dos homens.

Concepções recentes da ciência (e da tecnologia) consideram que estas se desprendem da produção material e se elevam, como abstração e mesmo como uma quase religião, acima desta esfera e procuram se afirmar de forma pura, independente destas condições materiais que as engendram. Buscam negar estas condições, mas uma análise verdadeiramente histórica faz, mesmo que neste patamar de elevação acima da produção e da vida material, que a explicação lógica de suas premissas e de seus resultados, realizem a síntese dialética  $\frac{3}{4}$  ou negação da negação  $\frac{3}{4}$  e as recoloquem no âmbito da produção da própria vida material.

**Referências bibliográficas:**

- HEGEL, G. W. F.** Filosofia da História. Brasília: Ed. UnB, 1999, p. 156
- MARX, Karl** Formações Econômicas Pré-Capitalistas. São Paulo: Paz e Terra, 1991, pp. 66-67 e 68-69
- MARX, Karl** O Capital, Livro I, vol. 1. São Paulo: Abril Cultural, 1983, pp.150-151
- TATON, René (org).** História Geral das Ciências. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1960.