ROBERTO LIMA DE SOUZA

CONTRA *CONTRA O MÉTODO:* GALILEU NA ROTA DA ANÁLISE-E-SÍNTESE - UM PARALELO ENTRE A QUESTÃO DA INTERPRETAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE-E-SÍNTESE E A QUESTÃO DO MÉTODO EM GALILEU

Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Filosofia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas sob a orientação do Prof. Dr. Željko Loparić.

Este exemplar corresponde à redação final da Tese defendida e aprovada pela Comissão Julgadora em 28/10/2003.

BANCA

Prof. Dr. Željko Loparić (orientador)

Prof. Dr. Elias Humberto Alves (membro)

Prof. Dra. Fátima Regina Rodrigues Évora (membro)

Prof. Dr. Ivo Assad Ibri (membro)

Prof. Dra. Maria Eunice Quilice Gonzales (membro)

Prof. Dr. Sílvio Seno Chibeni (suplente)

Prof. Dr. Francisco Benjamin de Souza Neto (suplente)

OUTUBRO/2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO IFCH - UNICAMP

So 89 c

Souza, Roberto Lima de

Contra *contra o método*: Galileu na rota da análise-e-síntese – um paralelo entre a questão da interpretação do método de análise-e-síntese e o problema da interpretação do método de Galileu / Roberto Lima de Souza . - - Campinas, SP : [s. n.], 2003.

Orientador: Željko Loparić.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

1. Galileu, 1564-1642. 2. Ciência - Metodologia. 3. Análise (Filosofia). 4. Heurística. 5. Ciência - História. 6. Matemática – História. 7. Teoria (Filosofia). 8. Platonismo. 9. Ciência - Filosofia. 10. Teoria do conhecimento. I. Loparic, Zeljko. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. III.Título.

Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Filosofia

CONTRA *CONTRA O MÉTODO*: GALILEU NA ROTA DA ANÁLISE-E-SÍNTESE

Um Paralelo entre a Questão da Interpretação do Método de Análise-e-Síntese e a Questão da Interpretação do Método de Galileu Galilei

Roberto Lima de Souza

DEDICATÓRIA:

- À memória de meu pai, Nilberto Cavalcanti de Souza, cujos valores maiores sempre foram a honestidade, a alegria e a generosidade e que estaria hoje orgulhoso de mim, compartilhando com todos a sua imensa alegria. Sua presença "lá" é uma prova de que o céu não é imutável.

- À minha mãe, Alba Afonso Lima de Souza, presença firme e constante em toda a minha formação, de quem herdei o gosto no aprender, a humildade no saber e a arte no ensinar.

AGRADECIMENTOS:

- À minha esposa, companheira de todas as horas, pela dedicação e estímulo intelectual, por ser SOCORRO e alento ao longo desta caminhada;

- Aos meus filhos, Roberta, Arthur e Pedro, pela compreensão por minha presença ausentada em razão de tantas andanças acadêmicas;

- Aos meus irmãos e cunhados, pela graça de sermos comum unidade nesta alegria sentida pela vitória alcançada;

- Aos professores Željko Loparić e Michel Ghins - orientador e co-orientador - pelo respeito intelectual e confiança no nosso trabalho;

- Aos professores Luiz Paulo de Alcântara e Alexandre Guerzoni pelo estímulo a prosseguir em minhas pesquisas na Universidade de Louvain;

- À UNICAMP e à Université Catholique de Louvain pela acolhida e convívio acadêmico que me foram proporcionados;

- À CAPES e ao CNPq pelo apoio sempre dispensado ao longo das minhas pesquisas;

- A todos os amigos e pessoas de boa vontade que encontrei e, sobretudo, àqueles que agora se alegram com essa minha alegria.

SUMÁRIO:

RESUMO

Como primeira tese deste trabalho, procura-se mostrar que o método de análise-e-síntese dos antigos geômetras gregos serve de modelo conceitual para o método de descoberta e prova (resolutivo-e-compositivo) desenvolvido por Galileu nas ciências naturais. A segunda tese é a de que os aspectos levantados no problema da interpretação do Método de Análise são análogos àqueles surgidos na questão da interpretação do método empregado por Galileu. Neste sentido, investiga-se, na primeira parte (Capítulos I a IV) o sentido geral do método de análise, a sua origem e influências e os principais aspectos discutidos na sua interpretação, culminando com a abordagem que Hintikka e Remes dão ao assunto. Na segunda parte (Capítulos VI a VIII), investigam-se algumas reconstruções e interpretações dadas ao método de Galileu, culminando com a visão de Feyerabend, que apresenta Galileu como protótipo do cientista metodologicamente anárquico. Em cada um desses capítulos, argumenta-se e contra-argumenta-se em favor da análise-e-síntese como modelo da metodologia galileana. Por fim, ao se estabelecer um paralelo entre o problema da interpretação do método de análise-e-síntese e o problema da interpretação do método em Galileu, conclui-se, como tese principal, que o modelo do método combinado de análise e síntese, em especial após os estudos de Hintikka e Remes, consegue dar conta das dificuldades levantadas e que, contrariamente às teses do "Contra o Método", Galileu é um cientista metodologicamente complexo, mas meticuloso e criativo nos seus procedimentos racionais de descoberta e demonstração.

Against "Against the Method"
Galileo in the path of Analysis and Synthesis
A parallel involving the interpretation of the Analysis-Synthesis Method and the interpretation of Galileo's Method

ABSTRACT:

This work intends to show as a first thesis, that the analysis-synthesis method of the old Greek mathematicians can be used as a conceptual model for the method of discovery and proof (resolutive and compositive) developed by Galileo in the natural sciences. The second thesis argues that the aspects involved in the problem of the interpretation of the Analysis Method are analogous to those involved in the interpretation of the method employed by Galileo. Addressing these issues, we investigate in the first part (chapters I to IV) the general meaning of the analysis method, its origins, influences and the main issues discussed in its interpretation, culminating with the approach given by Hintikka and Remes to the subject. In the second part (chapters VI to VIII), we investigate some reconstructions and interpretations of Galileo's method, culminating with the vision of Feyrabend which presents Galileo as the prototype of the methodologically anarchistic scientist. In each one of these chapters, we argue for the analysis and synthesis method as a model of the Galilean methodology. Finally, comparing the problem of the interpretation of the analysis-synthesis method with the problem of interpretation of Galileo's method, we conclude that the combined analysis-synthesis method, specially after the studies of Hintikka and Remes, is able to overcome the difficulties found. As opposed to the ideas from "Against the method", Galileo is indeed a scientist methodologically complex, but meticulous and creative in his rational approach of discovery and demonstration.

INTRODUÇÃO:

É fascinante e, ao mesmo tempo desafiadora, a idéia de que a solução de um problema pode conduzir à solução de outro, sobretudo, quando nos propomos a fazer isso a partir da investigação de como a solução de um problema pode conduzir à descoberta da solução de outro.

A idéia de que a solução de um problema pode conduzir à solução de outro é uma idéia mais simples, oriunda mesmo das antigas formas de análise. Mas a idéia de como a solução de um problema pode conduzir à solução de outro requer outros conteúdos e é, por isso, mais complexa, porque somente depois de solucionado o determinado problema é que se pode conceber a idéia de como a sua solução poderia ser aplicável à solução de um outro. Mas isso pode ser necessário, mas não será ainda suficiente. Sem a compreensão do segundo problema, não se pode mesmo ter a idéia de como a solução do primeiro pode conduzir à solução desse último.

Em abstrato, essa é a história deste trabalho, cuja tese principal se encontra, sinteticamente[1] expressa, na composição[2] do título: "Contra *Contra o Método*: Galileu na Rota da Análise-e-Síntese", com o subtítulo: Um Paralelo entre o Problema da Interpretação do Método de Análise-e-Síntese e o Problema da Interpretação do Método de Galileu.

[1] Por referência ao método de análise-e-síntese.
[2] Por referência ao método de Galileu resolutivo-compositivo.

Foi, de fato, fascinante e desafiadora, para mim, a idéia de que a solução proposta por Hintikka e Remes para o problema da interpretação do método de análise-e-síntese - método dos antigos geômetras gregos para a descoberta de prova de teoremas e soluções de problemas - pudesse nos conduzir a uma proposta de solução para o problema da interpretação do método em Galileu.

A idéia de como fazer isso tem uma longa história que começa no século passado. Em primeiro lugar, reunindo fontes esparsas em uma persistente e cuidadosa investigação em torno do método de análise, empreendemos uma pesquisa que resultou, em parte, na nossa tese de Mestrado (UNICAMP, 1985). Em segundo lugar, um longo trabalho investigativo a respeito da interpretação do método de Galileu, em que procuramos elucidar a sua estrutura conceitual e a forma de sua aplicação na nova ciência.[3] Em ambos os casos, pudemos contar com a segura orientação do professor Željko Loparić. Foi a determinação intelectual desse nosso Kant[4], que nos inspirou a perseguir essa fecunda via investigativa, até então pouco explorada, sobre métodos heurísticos na Ciência, como atividade de resolução de problemas. Em boa parte da pesquisa sobre o método de Galileu, tivemos a co-orientação do Professor Michel Ghins na Universidade de Louvain.

A primeira parte deste trabalho retoma as questões mais importantes relativas ao problema da interpretação do método de análise, enfatizando os aspectos relevantes ao nosso primeiro objetivo: propor uma interpretação para o

[3] Em especial na mecânica. Cf. Capítulo VIII.
[4] Antonomásia de Željko Loparić.

método de Galileu, à luz do modelo conceitual da análise-e-síntese, na visão de Hintikka e Remes.

Todavia, para construir esse nosso objetivo, se tornava necessário uma pesquisa sobre algumas das abordagens dadas ao método de Galileu sob diferentes óticas. Nessa investigação, descobrimos que muitos dos pontos discutidos na interpretação do método de análise-e-síntese se encontravam igualmente presentes ou subjacentes na questão da interpretação do método de Galileu, em particular nas abordagens de Alexandre Koyré, Karl Popper, e Paul Feyerabend.

Considerando que, no caso do método de análise-e-síntese a elucidação desses aspectos havia contribuído para uma compreensão do verdadeiro método dos antigos geômetras gregos - entendemos que investigá-los com respeito à interpretação do método de Galileu poderia ser uma forma de lançar luzes sobre o seu modelo conceitual e a sua prática. Eis por que Alexandre, Karl e Paul são os nossos convidados principais nesta viagem sobre o método de Galileu na rota da análise-e-síntese...

<u>Alexandre</u>: Esta é a rota Platônica. Esta foi seguida por Galileu para *explicar os fenômenos, isto é, para revelar a realidade subjacente, revelar sob a desordem aparente do dado imediato, uma unidade real, ordenada e inteligível.*[5]

[5] Koyré, A..1978, p. 78.

Karl: Entendo que essa idéia de "unidade real" de que falas, seja o que Galileu chamou de *descrição verdadeira do mundo*, isto é, *suas regularidades ou leis de que se utiliza para explicar os fatos observáveis, o que significa que uma descrição desses fatos deve ser dedutível da teoria em conjunção com certos enunciados, os chamados "condições iniciais".*[6]

Alexandre: Na minha opinião, *não se trata, como nos ensina uma má interpretação positivista muito corrente, de uni-los por meio de um cálculo a fim de obter uma previsão: Trata-se, de fato, de descobrir uma realidade mais profunda que proporcione sua explicação.*

Karl: Sim, mas essa realidade mais profunda não pode significar, para a ciência, algo como '*realidades ocultas por trás das aparências'. Teorias assim não precisam nem são suscetíveis de uma explicação* ulterior. *O que importa aqui, quando falo de explicação pela teoria, é testemunhado também por Galileu ao 'expressar sua ilimitada admiração pela grandeza de espírito desses homens que conceberam (o sistema heliocêntrico) e sustentaram que era verdadeiro(...), em violenta oposição à evidência dos nossos próprios sentidos'. Este é o testemunho de Galileu da força liberalizadora*

---

[6] Popper, K. 1975, p. 392.

da ciência. Tais teorias seriam importantes, mesmo se não fossem nada mais que o exercício de nossa imaginação. Mas elas são mais que isso, como se pode ver do fato de que as submetemos a severos testes, tentando deduzir delas algumas das regularidades do mundo conhecido da experiência comum - isto é, tentando explicar essas regularidades.[7]

Paul: Ahá! Vejo que ambos falam de diferentes rotas seguidas por Galileu e vejo, nessa diversidade de opiniões, *que Galileu trilhava o caminho certo, pois sua persistente busca de algo que, a certa altura, se afigurou como uma ridícula cosmologia, veio a criar os elementos necessários para defendê-la contra aqueles que 'só' aceitam um ponto de vista quando ele é apresentado de determinado modo e que só confiam nele quando encerra certas frases mágicas, denominadas 'relatos de observação'. E isto não é exceção - é caso comum: as teorias só se tornam claras e 'razoáveis', depois de as várias partes incoerentes que a compõem, terem sido usadas, por longo tempo. Essa operação desarrazoada, insensata, sem método é, assim, condição inevitável de clareza e êxito empírico.*[8]

- Para acalmar os ânimos, pois a viagem ainda nem começou, convém dizer que, nesta nau, haverá um camarote

---

[7] Idem ibidem, p. 390.
[8] Feyerabend, 1989, p. 33.

(capítulo) para cada um dos senhores. O senhor Alexandre ficará no camarote V, o Senhor Karl ficará no camarote VI e o senhor Paul, no camarote VII. No camarote VIII, estarão os senhores Hintikka e Remes e também eu, posto que estamos em trabalho conjunto. Comparecerei aos camarotes V, VI e VII para, num primeiro momento, escutar a opinião de cada um dos senhores sobre a metodologia de Galileu e, em seguida, em companhia dos senhores Hintikka e Remes, trocarmos algumas idéias e discutirmos sobre o que foi dito. Depois disso, iremos todos ter uma conversa conjunta no camarote VIII, onde em companhia dos senhores Hintikka e Remes, procurarei apresentar, por fim, uma outra visão do Método de Galileu.

Ao final da viagem, antes do desembarque, gostaria de convidar a todos para um grande encontro no tombadilho desta nau (conclusão), onde apresentarei, a cada um dos senhores, uma súmula do diário de bordo de outros viajantes, em uma viagem anterior (Capítulos I a IV). O diário de alguns historiadores da matemática grega e o do Senhor Robinson agradarão especialmente ao Karl. O diário do Senhor Cornford, com certeza, será muito apreciado pelo Alexandre; e, finalmente, o diário do Senhor Gulley deverá ser aprovado pelo Paul.

Ao final, procurarei mostrar aos Senhores o sentido desse nosso percurso. Que façamos todos uma boa viagem rumo ao Porto Galileu, na rota da Análise-e-síntese.

I PARTE

SOBRE A QUESTÃO DA INTERPRETAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE

CAPÍTULO I: A ANÁLISE GEOMÉTRICA: CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MÉTODO, SUA IMPORTÂNCIA E PRINCIPAIS INFLUÊNCIAS

O objetivo deste Capítulo é apresentar três aspectos considerados fundamentais tanto para a compreensão do método de análise-e-síntese quanto para lançar luzes sobre a discussão que se desenvolveu em torno de sua interpretação e do seu significado e, sobretudo, para o paralelo que pretendemos estabelecer, ao final, entre o método de análise-e-síntese e a metodologia galileana no que diz respeito à problemática de sua interpretação.

Na primeira seção, são expostas as características gerais do método de análise-e-síntese, como abordagem preliminar do tema. Uma caracterização geral da análise, no entanto, nos impõe algumas restrições. Se por um lado, isso significa a tentativa de uma abordagem isenta de posições particulares ou divergentes, por outro lado, significa, também, reconhecer a impossibilidade de uma mais aprofundada consideração. Em razão disso, outros significados de análise, que só serão considerados no capítulo III, deixam de ser explorados. No entanto, esta seção se torna importante até mesmo como forma de fornecer os conceitos iniciais a partir dos quais se poderá acompanhar melhor as relações que são estabelecidas, na seção seguinte, para se explicitar as principais influências exercidas pelo método na formação de importantes concepções metodológicas da Ciência.

Na segunda Seção, onde é oferecida uma visão geral das principais influências da análise e síntese na formação de destacadas concepções de método científico ao longo da História da Ciência e da Filosofia, a presença das idéias de análise e síntese na metodologia de Galileu será apenas mencionada, tendo-se em vista as considerações mais detalhadas que serão feitas ao longo deste trabalho.

Por fim, a terceira seção levanta os principais pontos que ensejaram as diferentes interpretações dadas ao método em si e à sua prática, como forma introdutória de examinarmos a natureza da discussão que será desenvolvida especialmente no terceiro capítulo.

1 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MÉTODO DE ANÁLISE-E-SÍNTESE

O problema da interpretação do método de análise envolve toda uma discussão protagonizada por autores diversos, em artigos e livros diversos e em épocas diversas. Nessa discussão dispersa no tempo e no espaço, trataram eles da análise numa tentativa de elucidar a sua origem, o seu significado e a sua verdadeira prática. Uma das principais dificuldades encontradas nessa tarefa tem sido a relativa escassez, na literatura da antiguidade, de descrições do método, além de que a mais completa abordagem, devida a Pappus, antigo geômetra grego, deu margem às mais variadas interpretações. Sabe-se, contudo, da grande importância e influência exercida pela análise como método de descoberta de provas de teoremas e de soluções de problemas na prática dos geômetras gregos.

As primeiras reconstituições do método analítico foram devidas aos historiadores da matemática grega. Mas, como ressalta Lakatos, toda história da ciência é uma reconstrução racional empreendida à luz de uma metodologia prévia assumida, implícita ou explicitamente, pelo historiador.[9] Assim, a abordagem que eles deram do método, constituía-se, já, em uma interpretação. Posteriormente, foram os matemáticos, os metodólogos e os filósofos da ciência que voltaram a sua atenção para a análise geométrica grega, como que confirmando a tese de que não só a filosofia da ciência oferece metodologias, à luz das quais se reconstrói racionalmente a história da ciência, como também esta última se constitui em um guia para a filosofia da ciência.[10]

No entanto, os novos interesses pelo método fundam-se igualmente em novas razões. Como afirma Loparić, recentemente vem sendo desenvolvida uma nova visão filosófica da ciência que encara esta última como

---

[9] Veja-se Lakatos, I. {1974}.
[10] Idem.

atividade de resolução de problemas.[11] Neste contexto, o antigo método da análise, enquanto método de descoberta de provas de teoremas e de soluções de problemas geométricos, assumiu importância considerável, até mesmo como modelo conceitual para a atividade do cientista.[12] Mas essas novas idéias têm uma história antiga. Até que se buscasse recobrar o significado heurístico do método, muitos caminhos foram percorridos e muitos anos se passaram até que novas luzes fossem lançadas sobre o problema da interpretação do método de análise, desde a concepção dos historiadores, chamada de concepção tradicional, até a visão de Hintikka e Remes.

Apesar das várias divergências quanto ao método de análise, há pontos de partida comuns, bem como um acordo quanto às suas características gerais, cuja abordagem procuraremos oferecer nesta seção.

O método de análise era comumente empregado na busca de provas de teoremas e de construções para a resolução de problemas geométricos. No primeiro caso, a análise se diz *teórica* e, no segundo, *análise de problema*.

Na *análise teórica*, assume-se o que se está procurando, ou seja, o próprio teorema ou proposição que se deseja provar, como se fosse ela verdadeira e, a partir desta, investiga-se um estágio anterior que possa

---

[11] Loparić, Z. {1983}, 5, p. 73.

[12] Esta questão poderá ser examinada à luz da Filosofia da Ciência desenvolvida, entre outros, por Lakatos. Veja-se Lakatos, I. {1978}.

conduzir à prova do teorema e, assim sucessivamente, outros estágios anteriores, até que se atinja uma proposição já <u>conhecida</u> ou <u>estabelecida</u> como verdadeira. Alcançando-se uma proposição conhecida como verdadeira, tem-se um axioma, um postulado ou um dos chamados *primeiros princípios*. No caso de se alcançar uma proposição estabelecida como verdadeira, deve tratar-se de um teorema já anteriormente provado. Em qualquer caso, no entanto, atingindo-se esse estágio, será possível, então, a demonstração do teorema em questão. Todavia, se nessa busca de antecedentes for alcançado algo reconhecidamente falso, então a proposição originariamente assumida como verdadeira é igualmente falsa.

Na análise de problema, assume-se o problema proposto como resolvido e, a partir da solução assumida, busca-se, igualmente, de forma sucessiva, as condições antecedentes que ensejariam tal resolução, até que seja alcançado o que os matemáticos denominam de *dados*. Atingido esse estágio, será possível, então, construir a solução do problema. Todavia, se nessa investigação, for alcançado algo impossível de construir, o problema será igualmente impossível.

Tanto no caso da análise teórica quanto no caso da análise de problema, o procedimento analítico em si não representa a demonstração do teorema nem a resolução do problema. A análise significa, assim, uma busca do caminho da prova ou da construção da solução, e é nisso que reside o seu papel heurístico de *método de descoberta*.

Para o estabelecimento do Teorema ou para a construção rigorosa da solução do problema, tanto o geômetra quanto o matemático deverão adotar o procedimento complementar da síntese que se segue à análise propriamente dita.

Na síntese, parte-se do que por último foi alcançado na análise, ou seja, da proposição conhecida ou estabelecida como verdadeira (na análise teórica) e dos dados já conhecidos (na análise de problema) e, pela retrodução ou reversão dos passos lá alcançados, estabelece-se, passo por passo, o teorema ou a construção pretendida.

Esse procedimento complementar não será necessário no caso de o processo da análise conduzir a algo reconhecidamente falso (no caso da análise teórica) ou a algo impossível de se construir (no caso da análise de problema), quando, então, sem a necessidade de qualquer síntese, a suposição originária revela-se falsa, e o problema, impossível.

Este último aspecto, contudo, estará sujeito a discussões posteriores como veremos no capítulo III.

Isto posto, podemos dizer que análise e síntese possuem características gerais que podem ser expostas de forma ordenada, conforme se segue nas cláusulas abaixo:

a) A análise e a síntese são procedimentos complementares, cujos movimentos são inversos;

b) O ponto de partida da análise - o que se deseja provar - é, na realidade, o ponto de chegada da síntese;

c) O ponto de partida da síntese é o que, por último, foi alcançado na análise - um princípio, ou uma proposição já conhecida (na análise teórica), ou os dados (na análise de problema);

d) Por si só, a análise nada prova, é um procedimento de descoberta, de busca dos princípios ou dos dados a partir dos quais se espera alcançar a prova do teorema ou solução do problema;

e) A síntese, pela reversão dos passos da análise, colocando-os na ordem "natural" de antecedente e conseqüente, procura estabelecê-los ou legitimá-los, de forma a construir a prova do teorema (análise teórica) ou a solução do problema inicialmente proposto (análise de problema).

f) Limites da Análise - A análise é bem sucedida:

i quando se chega aos *princípios* ou à *proposição já conhecida*, requeridos para a prova do teorema ou aos *dados* necessários à construção da solução do problema, ou ainda

ii quando se chega a um absurdo, a uma proposição reconhecidamente falsa, ou a algo impossível de se construir. Assim sendo, sem a necessidade de qualquer síntese, obtém-se, como resultado, que a proposição inicialmente suposta verdadeira é falsa e que a solução do problema é igualmente impossível.

g) Por outro lado, quando a análise não chega a termo, é porque não se conseguiu chegar aos seus limites, conforme expostos em f) i e ii do item anterior. Sendo assim, a análise não logra êxito e nada nos revela a respeito da possibilidade da demonstração ou prova do teorema ou solução do problema proposto.

Em suma, análise e síntese constituem-se, respectivamente, em procedimento de ***descoberta*** e de ***prova***. Todavia, além de sua importância em si, como procedimento heurístico sistematizável, na condução do processo de descoberta de provas de teoremas e de soluções de problemas geométricos, ou como procedimento de demonstração, o método geométrico da análise e da síntese não se restringiu, como se poderia imaginar, apenas ao domínio da história das matemáticas. É inegável a influência que veio exercendo, como modelo conceitual, para a formação de importantes idéias, não só na história da filosofia, como também na história da metodologia e filosofia da ciência. É exatamente pelas influências que exerceu através de séculos que se torna possível aquilatar a importância do método, o que será objeto de consideração da seção seguinte.

2 - IMPORTÂNCIA E INFLUÊNCIAS DAS IDÉIAS DE ANÁLISE

É inegável a presença marcante do modelo analítico em toda uma tradição de Ciência que se estende até à época moderna e se revela, sobretudo, no período que vai de Galileu a Newton. Para fundamentar esta asserção, procuraremos mostrar, em um primeiro momento, em uma seqüência de grandes filósofos e cientistas desse período, os fortes indícios do emprego de uma metodologia que, pelas características de seus procedimentos, deve ser originária de uma mesma fonte: a análise geométrica e matemática. Todavia, como a relação entre as idéias de análise e síntese e o método de Galileu merecerá considerações posteriores, este aspecto será aqui abordado em relação à metodologia de Bacon, Descartes e Newton. Pelos aspectos comuns encontrados na concepção metodológica desses filósofos, podemos constatar que Galileu, além de ser o fundador da ciência moderna, desencadeou igualmente uma revolução metodológica[13] em que o modelo da análise e da síntese matemática e geométrica viria a desempenhar importante papel.

Num segundo momento, abordaremos a presença das idéias de análise e síntese em Kant e em Marx, considerando também, de forma ilustrativa, uma ou outra afloração dessas idéias na contemporaneidade. Em Kant,

[13] Clavelin sustenta esta opinião no artigo "A Revolução Galileana: Revolução Metodológica ou Teórica?" Clavelin, M. **1986**, pp. 35-44.

as referências às idéias de análise e síntese são tão ricas que fomos levados a empreender uma seleção das passagens consideradas marcantes e mais pertinentes aos nossos objetivos. Em Marx, vamos partir de uma referência mais restrita, mas significativamente rica para a convergência metodológica que se pretende estabelecer.

Todos esses confrontos poderiam ser mais exaustivos e aprofundados, mas isso, além de impraticável neste contexto, fugiria aos objetivos principais deste trabalho. Os destaques que são dados, contudo, além de evidenciar a importância do método, podem se constituir em forte motivação para o desenvolvimento de estudos mais direcionados sobre o método de análise.

2.1 - As Idéias de Análise e de Síntese em Bacon, Descartes e Newton:

A proximidade da concepção e da prática metodológica de Bacon, Galileu, Descartes e Newton com a tradição do método de análise desde Pappus, é destacada, entre outros autores, por Hintikka[14] e Lakatos[15].

Nesta seção, procuraremos explicitar alguns aspectos dessa proximidade, o que nem sempre é feito

[14] Veja-se Hintikka, J. (1973), capítulo IX.
[15] Veja-se Lakatos, I. 1981, capítulo 5.

pelos próprios cientistas que, nesse aspecto - como aponta Lakatos - incorrem, algumas vezes, em um certo tipo de falsa consciência, quando tentam justificar, de alguma forma, as suas contribuições como científicas.[16]

As similaridades que buscamos apontar não se esgotam e, de fato, muitas outras, inclusive seguidas de exemplos eloqüentes poderiam ser reveladas. Nosso objetivo, no entanto, é apenas demonstrar que essa tradição esteve presente no importante momento da construção da ciência moderna e como tal, igualmente na concepção de Galileu.

2.1.1 - Traços da Idéia de Análise e Síntese em Bacon:

A metodologia baconiana significa uma ruptura com a silogística aristotélica então em voga nos meios acadêmicos, seja como estrutura lógica ou metodológica. Bacon observa que, do ponto de vista da ciência, um procedimento lógico-metodológico baseado apenas na silogística nada acrescentaria, pois nada de novo poderia ser descoberto por essa via que apenas combina, explicita e legitima o que já é conhecido e enunciado nas premissas, e, dessa forma, nenhum progresso se poderia alcançar no conhecimento.

[16] Veja-se um exemplo citado por Lakatos (1981, capítulo 5) com respeito à descoberta de Newton da lei do inverso do quadrado.

Os aspectos mais importantes da concepção metodológica de Bacon são encontrados no *Novum Organum*, onde, além de formular a idéia de uma *nova indução*, ele vai tratar dos princípios e fundamentos da ciência. Vamos encontrar, em Bacon, traços metodológicos comuns aos que encontramos em Galileu, Descartes e Newton que são, em tudo, semelhante aos princípios gerais do método de análise, o que, por si só, os coloca como herdeiros de uma mesma tradição metodológica.

Bacon, como herdeiro dessa tradição, aponta dois métodos, que ele denomina de *vias* para se seguir na *investigação* e *descoberta* da verdade, como se pode observar nessa passagem:

> *Só há e só pode haver duas vias para a investigação e para a descoberta da verdade. Uma, que consiste no saltar das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais e, a seguir, descobrirem-se os axiomas intermediários a partir desses princípios e de sua inamovível verdade. Esta é a que ora se segue. A outra, que recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e coisas particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade.*

> *Este é o verdadeiro caminho, porém ainda não instaurado.*
> (Novum Organum I, 19).

Podemos destacar duas partes principais nessa passagem. Na primeira parte, Bacon descreve uma forma de *indução* que *salta das sensações e coisas particulares aos axiomas mais gerais* e enfatiza que esta é a via que *ora se segue*, aludindo ao modelo aristotélico dominante de se fazer ciência da natureza. O salto, nesse modelo, decorre de a subida até os axiomas mais gerais não ser de forma gradual, e não sendo essa ascendência gradual, haverá sempre a tarefa de se descobrir os axiomas intermediários.

Na segunda parte dessa passagem, temos uma descrição que lembra, em tudo, o método de análise. Semelhantemente ao método de análise, que assume o axioma que se deseja provar e investiga os estágios antecedentes que possibilitam a sua verdade, até alcançar princípios ou axiomas anteriormente já demonstrados como verdadeiros, essa via metodológica baconiana *recolhe os axiomas dos dados dos sentidos e coisas particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade*.

Bacon denomina essa primeira via metodológica de "antecipações da natureza" e a segunda, que corresponde ao novo método, de "interpretação da natureza". As "antecipações da natureza" se constituem de noções obtidas *de modo prematuro* e *temerário* e são mais facilmente comprováveis, pois se aplicam aos casos já conhecidos e, por essa razão, são mais facilmente aceitáveis. As "interpretações da natureza", por sua vez, resultam desse *outra via de indagar, que se desenvolve a partir das próprias coisas, segundo os modos devidos.* Recolhidas *de dados diversos e muito distantes entre si,* já não parecem fáceis e familiares, mas difíceis e estranhas, e, no entanto, são essas "antecipações da natureza" que, para Bacon, constituem o verdadeiro saber, pois a partir delas é que se chega também a conclusões novas e desconhecidas.[17]

Para Bacon, esse novo método aspira a que o intelecto humano se liberte de todo tipo de engano, das falsas noções, das falsas aparências, das prevenções e dos preconceitos. Deve-se, assim, destruir os chamados ídolos da mente.

O termo "ídolo" é empregado por Bacon pra significar a imagem tomada pela realidade, o pensamento pela coisa, vícios dos quais decorrem todos os erros.

Em sua famosa análise dos equívocos, Bacon passa, então, a classificar os diversos tipos de "idola". Considera, em primeiro lugar, o que ele chama os *Ídolos da Tribo,* ou seja, os enganos próprios da humanidade em geral, os antropomorfismos, a projeção do homem nas coisas. Em segundo lugar, Bacon destaca uma

---

[17] Esse aspecto da metodologia baconiana se assemelha em muito ao critério popperiano de avaliação de uma teoria que deve permitir conseqüências independentemente testáveis. Mostra-nos também já o caminho reverso, descendente do seu método.

classe de erros que denomina - em uma nítida alusão platônica - de *Ídolos da Caverna*, ou seja, os erros peculiares a cada pessoa, pois cada um abriga *uma caverna, ou furna que refrata e descolore a luz natural*. Deste modo, dependendo do modo de ser e de pensar - conforme Bacon vai analisando - cada indivíduo se inclina, em maior ou menor medida, a um certo tipo de erro. Em terceiro lugar, Bacon considera os chamados *Ídolos do Mercado*, oriundos *do comércio e associação dos homens, uns com os outros. Pois os homens conversam por meio da linguagem, mas as palavras são impostas conforme a compreensão do vulgo; e de uma inepta e má formação de palavras, surge uma formidável obstrução da mente.* (Novum Organum, I, 43). São os erros originários da linguagem que se constitui em fonte de mal entendidos. Por fim, destaca Bacon, *há os ídolos que passaram para as mentes dos homens, procedentes dos vários dogmas dos filósofos e também das leis errôneas de demonstração. A esses chamo de Ídolos do Teatro porque, na minha opinião, os sistemas de filosofia recebidos não passam de diversas peças de teatro, representando mundos de sua própria criação de modo irreal e teatral*. (Novum Organum, I, 44).

A identificação de todos esses erros se torna necessária para libertar a mente do homem que deseja encontrar a verdade; pois, tendo purificada a sua mente de todos os tipos de "idola", ele se torna livre para despertar o seu interesse pelo novo e investigar a verdade. É interessante observar a semelhança entre essas considerações baconianas com algumas das considerações de Descartes em se "libertar dos prejuízos e preconceitos" antes de investigar os fundamentos da ciência, como encontradas ao início das suas *Meditações* e nas Regras do Método.

Mas para finalizar essa subseção, vejamos mais uma passagem de Bacon:

> *Para a constituição de axiomas, deve-se cogitar de uma forma de indução diversa da usual até hoje e que deve servir para demonstrar não apenas os princípios – como são correntemente chamados – como também os axiomas menores, médio e todos, em suma. Com efeito, a indução que procede por simples enumeração é coisa pueril, leva a conclusões precárias, expõe-se ao perigo de uma instância que a contradiga. Em geral, conclui a partir de um número de fatos particulares muito menor que o necessário e que são também os de acesso mais fácil. Mas a indução, que será útil para a descoberta e demonstração das ciências e das artes, deve analisar a natureza, procedendo às devidas rejeições e exclusões, e depois, então, de posse dos casos negativos*

> *necessários, concluirá a respeito dos casos positivos. Ora, é o que não foi até hoje feito, nem mesmo tentado, exceção feita, certas vezes, de Platão, que usa essa forma de indução para tirar definições e idéias. Mas, para que essa indução ou demonstração possa ser oferecida como uma ciência boa e legítima, deve-se cuidar de um sem número de coisas que nunca ocorreram a qualquer mortal. Vai mesmo ser exigido mais esforço que o até agora despendido com o silogismo. E o auxílio dessa indução deve ser invocado, não apenas para o descobrimento de axiomas, mas também para definir as noções. E é nessa indução que estão depositadas as maiores esperanças.* (Novum Organum I, 105).

Como se vê nessa passagem, a nova indução baconiana se presta a dois propósitos: a descoberta e a demonstração das ciências e das artes.

No caminho da descoberta, o método é ascendente: parte dos fatos em direção dos axiomas. Mas quando se propõe a demonstrar, o método é descendente: parte dos axiomas em busca de instâncias na direção dos fatos. Além disso, na via da demonstração, o método é dedutivo, a partir das "formas" alcançadas no caminho ascendente.

Quando falamos de formas, estamos nos referindo àquelas leis e normas de ação simples (...) A forma do calor ou a forma da luz, conseqüentemente, não significa mais que a lei do calor e a lei da luz (Novum Organum, II,13,17).

Muitos outros aspectos do método de Bacon poderiam e mereceriam ser considerados, mas o que se procura destacar aqui é a dupla função de seu método: a **descoberta** (tão comumente esquecida na filosofia da Ciência mais recente: Popper, Hempel, etc.) e a **prova** como procedimento complementar, e não nos moldes de Popper, em cuja elegante linguagem por sinal, há fortes indícios de inspiração baconianas, sobretudo no caminho sintético, quando este trata dos experimentos a partir das hipóteses. Como exemplo disso, podemos citar algumas expressões que hodiernamente são tidas muito mais como popperianas do que baconianas. São dessa ordem: "Experimento crucial", "hipóteses frutuosas", ou ainda "conseqüências independentemente testáveis", para ficarmos apenas nessas.

2.1.2 - A Análise e a Síntese em Descartes:

Em Descartes, a análise geométrica grega não foi simplesmente um ponto de partida para a sua geometria analítica. Mais que isso, foi um dos fundamentos para as suas idéias metodológicas gerais. Não é assim sem propósito que, no prefácio dos seus "*Principes*", ele afirma que é através deste método que se tornará possível, *depois de encontrar as primeiras causas e os* *verdadeiros princípios,* deduzir deles *as razões de tudo aquilo que se é capaz de saber.* E mais adiante, no mesmo prefácio, encontramos que é *necessário começar pela busca destas primeiras causas, isto é, dos princípios; e que estes princípios devem ter duas condições: a primeira é que eles sejam tão claros e tão evidentes que o espírito humano não possa duvidar de sua verdade, quando se aplique a considerá-los com atenção; a segunda é que deles dependa o conhecimento das outras coisas, de sorte que eles possam ser conhecidos sem elas, mas não reciprocamente, elas sem eles.*

É por demais conhecido que, na filosofia cartesiana, há verdades que são descobertas e verdades que são estabelecidas em duas ordens distintas: <u>a ordem da análise,</u> em que se busca descobrir os princípios, ou seja, a ordem da invenção e, portanto a *ratio cognoscendi*, que se determina de conformidade com as exigências de nossa certeza, e a <u>ordem da síntese</u>, em que se instituem os resultados da ciência. Esta é, por conseguinte, a ordem da *ratio essendi,* segundo a qual as coisas se dispõem em si quanto à sua dependência real.

Na própria terminologia de Descartes, em especial quando formula alguns dos seus preceitos metodológicos gerais, é visível a transposição para esse contexto, da própria linguagem geométrica. Exemplo disso encontramos já no seu segundo preceito, quando propõe *dividir cada uma das dificuldades que examinasse em tantas parcelas quanto possível e quantas sejam* *necessárias para melhor resolvê-las.*[18] É patente que temos, aí, a transposição para a metodologia geral de uma importante técnica analítica empregada pelos antigos geômetras gregos, a saber, a de dividir a figura em novos traçados, tantos quantos necessários, até que se encontrassem certas conexões capazes de conduzir à descoberta dos elementos fundamentais para a prova do teorema ou resolução do problema proposto. É neste sentido que, comentando esse segundo preceito de Descartes, Lebrun afirma que, aí, *as palavras 'dificuldades', (que significa problema matemático)* e *'resolver'devem remeter-nos à 'Geometria', nomeadamente à primeira parte do Livro III, onde se trata da resolução (...) mediante dois métodos* (composição e decomposição). (...) *Não é, pois, questão somente de 'dividir', mas também de decompor até os elementos mais simples, cuja combinação engendrará a solução.*[19] E tal solução é, assim, possibilitada em razão de que *composição implica dependência das partes umas em relação às outras,* e *do todo em relação às partes.*[20] Esta conexão entre a metodologia cartesiana e a análise dos antigos geômetras gregos (em especial Euclides, Arquimedes e Apolônio) é também, por diversas vezes, apontada por Granger que constata que, afinal de contas, *dividir a dificuldade, ir do simples ao complexo, efetuar enumerações completas, é o que*

---

[18] DESCARTES, R. Discurso do Método, tradução de J. Guinsburg e Bento Prado Júnior, {1973}, p. 45-46.
[19] LEBRUN, G. *Nota ao Discurso do Método,* {1973}, p. 46.
[20] LEBRUN, G. *Nota ao Discurso do Método,* {1973}, p. 46.

observa rigorosamente o geômetra quando analisa um problema.[21]

Convém ainda dizer que Descartes, além disso, parece estender os princípios analíticos até à fundamentação da física em que justifica a intervenção da experiência como instrumento para determinar e isolar, entre uma infinidade de *objetos geométricos possíveis,* aqueles que estão, de fato, enquadrados dentro do universo das *coisas realmente existentes.* E não poderá parecer estranha essa aproximação da física cartesiana às matemáticas, *às quais* (ele) *almeja mais do que tudo que ela se assemelhe.* (Respostas às Quintas Objeções).

Em Descartes, é, portanto, *a análise que mostra o verdadeiro caminho pelo qual uma coisa foi metodicamente inventada e revela como os efeitos dependem das causas.* (Respostas às Segundas Objeções).

Essa proximidade entre matemática e física, ou ainda melhor, o papel da matemática na ciência de Descartes, compreendemos melhor a partir de uma consideração de que unidade da ciência e método são coisas intimamente relacionadas.

A concepção cartesiana de uma ciência única e universal pode ser bem ilustrada a partir da célebre figura da árvore do conhecimento, em cujas raízes se encontra a metafísica, em cujo tronco, a física e cujos

---

[21] GRANGER, G. G. Introdução ao vol. XV de *Os Pensadores*, {1973}, p. 17.

ramos são as várias ciências que dela derivam, a saber sobretudo, a medicina, a mecânica e a moral.

Há de se constatar, nessa imagem, a ausência de uma figuração da matemática. Na realidade, o que ocorre é que, em Descartes, o estatuto desta ciência assume uma posição singular no relacionamento com as demais ciências. Consideremos, pois, que a matemática - tão enaltecida por Descartes - não se encontra ao nível da metafísica, que é o fundamento da ciência e lhe fornece os princípios, nem tampouco ao nível das outras ciências. Em sendo ciência da extensão, o conhecimento das coisas sensíveis fica por ela condicionada, e, desta forma, poder-se-ia dizer que talvez fosse melhor enquadrá-la dentro da ciência física. A matemática, porém, tomando como objeto aquilo que existe de mais simples nas coisas e o que nelas há de mais imediatamente acessível às idéias claras e distintas, tem a função de exercer, no sistema da ciência cartesiana, o papel de modelo de dedução rigorosa, que é, pois, o exercício imediato do método.

É através deste método que se tornará possível, depois de *encontrar as primeiras causas e os verdadeiros princípios*, deduzir deles *as razões de tudo aquilo que se é capaz de saber*. (*Principes* - Prefácio).

Para se chegar, todavia, a esses princípios, não se torna suficiente a utilização pura e simples da dedução, pois esta apenas explicita verdades básicas assim já consideradas nas premissas, mas a utilização do método de *intuição.* A dedução, sim, mas só depois de assentados os princípios a partir dos quais extrairá outras informações.

Como vemos, o método cartesiano explora, pois, a intuição e a dedução, pois como já foi dito, é necessário começar pela pesquisa destas primeiras causas, isto é, dos princípios.

Quanto ao conteúdo, há a exigência de que para ser perfeito, o método deve ensinar duas coisas: 1) que ensine a discernir o verdadeiro do que seja falso e 2) que ensine a fazer dedução. A rigor, não se trata de uma invenção cartesiana, pois Descartes já encontrara dois produtos resultantes da aplicação desse método, a saber, a álgebra e a geometria, deduzidas da análise dos antigos (método da matemática clássica). É desta forma que a matemática vai se relacionar intimamente no sistema cartesiano como fonte do método: Há, portanto, uma outra ciência raiz de todas as outras e a que ele chama de "matemática universal", isto é, que vai ser a fonte de como fazer a produção de todas as outras ciências.

Assim, para se chegar aos princípios, é requerida a análise do que ocorre com as outras matemáticas, ou seja, em que elas se fundamentam. Para isso, Descartes observa os elementos presentes em todas elas: ordem e medida. O essencial dessa matemática sem aplicação exclusiva ou peculiar, mas aplicável a qualquer ciência, institui um método desvinculado de algum tema particular de conhecimento. Por outro lado, as outras ciências vão ser matemáticas na medida em que incluam ordem e medida. A ordem constitui-se na seqüência de verdades que deve ser mantida. Mas, como já vimos, há em Descartes duas ordens que seguem em direções opostas: a) **a ordem da análise**, que é a ordem em que as verdades são descobertas, também chamada de *ars inveniendi* e b) a **ordem sintética**, que institui os resultados da ciência, dispondo as coisas quanto à sua dependência real, também chamada de *ars probandi*.

Um grande achado cartesiano em relação à idéia de ordem, o seu principal segredo, é que as coisas podem ser classificadas em séries independentes do ser. Essa concepção vai de encontro aos moldes clássicos aristotélicos, em que as ciências vão ser vinculadas a cada gênero, sem a passagem de um para outro. Desta forma, segundo a concepção clássica, não há um princípio da matemática que se conduza da física. Para Descartes, ou contrario, a ordem vai ser independente do ser, ou seja, não serão ciências estanques, mas interligadas entre si, constituindo a unidade enciclopédica da ciência. Descartes concebe, assim, que é pela fecundação de uma ciência por outra que se possibilitam as descobertas.

Antes de finalizar, no entanto, torna-se interessante observar uma nova visão, bastante original recentemente apresentada pelo Professor Loparić no seu artigo *Sobre o Método de Descartes* (1991 pp. 93-112). Neste artigo, a visão de análise e síntese em

Descartes parece recuperar uma certa tradição que intentava a aplicação desse método nas ciências da natureza. (Veja-se capítulo VIII, seção 1).

Exemplo disso se encontra nos trechos que transcrevemos abaixo. Vejamos primeiramente o que se refere à análise:

> *Descartes não afirma que a análise proceda a priori e não a posteriori, ele diz apenas que ela procede "como que" (tanquam) a priori. Que significa essa astúcia? Que a análise simula o raciocínio a priori, que vai do princípio a suas conseqüências. Aparentemente, Descartes não faz mais do que recordar Pappus que diz, como vimos acima, que a análise problemática começa supondo a incógnita "como que" dada e, nesse sentido, a priori é que a análise teórica trata o teorema a ser provado "como que" verdadeiro (a priori).*
> Loparić, 1991,p.103)

Nenhum outro autor jamais me oferecera uma aproximação maior entre o método de Descartes e o antigo método de análise geométrica. Isto é significativo porque nos mostra como a recuperação de tradições metodológicas que se perdem no trajeto da história oficial da ciência pode contribuir vivamente para a compreensão de importantes problemas epistemológicos e que as análises, assim empreendidas, longe de serem anacrônicas, pelo contrário, possibilitam uma abordagem sincrônica. E esse aspecto se torna por demais relevante ao nosso propósito aqui neste trabalho.

Mas vejamos mais uma passagem de Loparić desta feita a respeito da síntese em Descartes:

> *Cabe notar, ainda, uma diferença importante entre a síntese pappusiana e a cartesiana. Em Pappus, que trabalha exclusivamente no domínio da matemática, a síntese sempre parte de proposições tidas como conhecidas de maneira evidente. Isso não é mais verdade em Descartes. A síntese cartesiana não precisa partir sempre de proposições evidentes e pode também utilizar proposições meramente hipotéticas apenas prováveis ou mesmo falsas. Exemplos de tais sínteses encontram-se da 'Dióptrica', nos 'Meteoros' e nos 'Principia', onde hipóteses apenas prováveis ou positivamente falsas são tomadas como ponto de partida da síntese. Isso significa que, em Descartes,*

uma prova sintética não equivale a uma demonstração.
Loparić, 1991,p.103)

Esta situação metodológica apontada pelo professor Loparić não é de forma alguma incompatível com a estrutura da análise em pappus. Trata-se apenas de uma esfera diferente de aplicação, que amplia e mais valoriza o modelo conceitual da análise-e-síntese e certamente lança luzes também sobre a compreensão do método em Galileu, em especial no estudo das causas pelos seus efeitos (veja-se Capítulo VIII, seção 2).

Finalizando essa subseção, resta-nos dizer que muitas dessas idéias metodológicas encontradas tanto em Bacon quanto em Descartes, em alguns aspectos semelhantes, já se faziam presentes no exercício do método científico em Galileu, o que comprova que são todos herdeiros de uma mesma tradição metodológica.

2.1.3 - Traços da Idéia de Análise em Newton:

Esta subseção poderia não passar de uma observação, a bem da verdade um pouco estendida, mas não mais que uma observação sobre as idéias da análise na metodologia newtoniana. No entanto, como veremos, Newton nos fornece pistas precisas e relevantes para o propósito deste nosso trabalho.

Como reconhecido por muitos, Newton também se notabilizou como profundo apreciador da antiga geometria grega. Não nos causa surpresa, portanto, que tenha ele assemelhado o seu método experimental ao método de análise, concebendo similarmente um sistema de interdependência entre os fatores conhecidos (controláveis) e os ainda não conhecidos (não controláveis), ou seja, entre condicionantes e condicionados. Revela-nos, sobretudo, que quando se torna difícil estabelecer essa relação, devemos como que "subir" a partir dos elementos condicionados em busca dos seus condicionantes.

Para se aclarar melhor esta similaridade, vejamos um trecho da '*Ótica*', onde as próprias afirmativas de Newton podem mostrar essa ampla influência da análise geométrica:

> *Assim como na matemática, também na filosofia natural, a investigação de coisas difíceis pelo método de análise deve sempre anteceder o método de composição. Esta análise consiste em fazer experimentos e observações, e em extrair conclusões a partir delas por indução. (...) E se nenhuma exceção ocorre a partir dos fenômenos, a conclusão pode ser formulada em termos gerais. Mas se, algum tempo depois, ocorrer qualquer exceção, a partir dos*

> *experimentos, tal formulação pode ser, então, enunciada com as exceções tal como ocorrem. Mas, por esta forma de análise, podemos proceder dos compostos para os componentes e dos movimentos para as forças que os produzem; e, em geral, dos efeitos para as suas causas e das causas particulares para as mais gerais, até que o argumento termine na formulação mais geral. Este é o método de análise: E a síntese consiste em assumir as causas descobertas, e estabelecidas como princípios, e por meio delas explicar os fenômenos que lhes são decorrentes, e provar as explicações assim oferecidas.*[22]

Como se pode perceber, então, a conexão fundamental entre o método experimental e a análise geométrica em Newton, é que o primeiro era igualmente concebido por ele como um método de descoberta, e o segundo, de prova. Por conseguinte, não pode parecer estranho que diversos historiadores tenham reivindicado a descoberta de antecipações dos métodos da ciência experimental, ocultas na terminologia da análise (resolução) e síntese (composição).[23]

---

[22] Referência apud HINTIKKA, J. & REMES, U. {1974}, p. 115: OPTICKS, Query, 23/21 (Edição 1730), reimpressão da Dover, p. 404-405. (O trecho citado tem tradução nossa).
[23] Diversas conexões entre o método de Newton e a análise geométrica são encontradas em Hintikka, que também aponta grande semelhança entre o método de Newton com o de Galileu. ([1973], pp. 202-6).

Essa privilegiada passagem de Newton nos deixa claro quatro importantes aspectos:

1) a associação do método à matemática (ou seja, à sua origem na geometria grega)
2) o seu emprego na filosofia natural;
3) a clara distinção entre análise e síntese com seus movimentos peculiares.
4) que a análise era um método de descoberta, e a síntese, de prova.

É curioso observar o esforço didático de Newton em aclarar esses pontos. Com relação a 1) e 2), Newton, além de caracterizar bem o movimento próprio da análise, vai gradativamente descrevendo situações próprias do método na matemática e, aos poucos, vai mostrado situações típicas de sua aplicação na "Filosofia Natural", mas que são retomadas dentro da concepção geral do método: *por esta forma de análise, podemos proceder dos compostos para os componentes e dos movimentos para as forças que os produzem; e, em geral, dos efeitos para as suas causas e das causas particulares para as mais gerais, até que o argumento termine na formulação mais geral. Este é o método de análise.*

Com relação aos pontos 3) e 4), ou seja, a clara distinção da síntese subseqüente, convém observar outro ponto que a descrição newtoniana do método nos patenteia. É que, além de a análise ser um caminho para a descoberta e a síntese, de prova, esta última, a síntese, é um processo complementar da análise: *E a síntese consiste em assumir as causas descobertas, e estabelecidas como princípios, e por meio delas explicar os fenômenos que lhes são decorrentes.*

Esses aspectos aqui levantados com relação à descrição que Newton nos oferece do método, embora nos pareçam simples, são por demais relevantes ao nosso propósito neste trabalho.

2.2 - As Idéias de Análise e de Síntese em Kant e Marx:

Esta última seção procura revelar que, dada a riqueza do modelo conceitual, as idéias de análise e síntese extrapolaram o período da ciência moderna e exerceram marcante influência em pensadores contemporâneos, como em Kant[24] e em Marx.

2.2.1 - Idéias de Análise e de Síntese em Kant:

Merece destaque o reflexo das idéias de análise e síntese no pensamento de Kant. A presença de tais idéias pode ser encontrada em várias passagens de algumas de suas diversas obras. Já na primeira seção da

[24] Com relação a Kant destacamos o rigoroso trabalho desenvolvido pelo Prof. Loparić (2002), onde são feitas importantes consideração sobre o método combinado de análise e síntese.

Dissertação de 1770, Kant lança mão da análise e da síntese quando trata da *Noção do Mundo em Geral*. Percebe-se, aí, que a idéia de análise está estreitamente associada ao conceito de divisão, e que a idéia de síntese relaciona-se intimamente à noção de composição.

A análise, assim, está voltada para a consideração das partes, *o simples*, enquanto que a síntese, para o todo, *o mundo*. A recorrência a esses conceitos torna-se, então, merecedora de uma nota em que Kant fornece informações adicionais que tornam possível se estabelecer melhor uma conexão com as idéias da análise geométrica. Transcrevamos essa nota:

> *As palavras 'análise' e 'síntese' possuem comumente uma dupla acepção. A síntese, no sentido qualitativo, é uma progressão, na série dos subordinados, da condição ao condicionado; no sentido quantitativo, ela é, então, uma progressão, na série dos coordenados, da parte dada por seus complementos, para o todo. Simetricamente, a análise, no primeiro sentido, é uma regressão do condicionado à condição; no segundo, do todo às suas partes possíveis ou mediatas, isto é, às partes de*

suas partes; e assim mais que divisão, ela é a subdivisão do composto dado. É apenas no segundo sentido que nós tomamos aqui a síntese e a análise.[25]

Nesta nota de Kant, dois aspectos podem ser destacados para uma conexão mais estreita com as idéias da análise e da síntese geométricas: Em primeiro lugar, o movimento regressivo (retrodutivo) como característico da análise e o movimento progressivo como característico da síntese, e, em segundo lugar, a idéia de análise como divisão de um todo em suas partes e em partes das partes.

Com relação ao primeiro aspecto, de fato, no antigo método de análise geométrica, supondo-se demonstrado o teorema e resolvido o problema, estágios anteriores eram perseguidos até que fosse descoberto, nessa *regressão*, um estágio tal que fosse algo assim como um princípio que pudesse servir de ponto de partida para a síntese. A síntese, então, como procedimento complementar, constituía-se no movimento progressivo, a partir dos princípios, até que se chegasse a estabelecer a demonstração do teorema ou solução do problema proposto.

É com relação ao segundo aspecto, que a descrição da análise por Kant como *divisão e subdivisão do composto dado*, que se torna ainda mais transparente

---

[25] KANT, I. {1942}, p. 2 (O trecho citado tem tradução nossa)

a conexão que se possa estabelecer com o antigo método de análise geométrica grega. Na realidade, conforme será visto no Capitulo III, a concepção de análise como análise de figura pressupõe a divisão da figura em novos traçados, de forma a tornar explícitas certas inter-relações entre as diversas partes de uma mesma configuração de modo a possibilitar a descoberta dos elementos necessários para conduzir, na síntese subseqüente, a prova do teorema ou solução do problema geométrico em questão. Neste contexto, é interessante ressaltar, ainda, que o sentido quantitativo (o segundo sentido) da análise e da síntese é precisamente o que mais se assemelha, na forma descrita por Kant, aos princípios fundamentais da análise geométrica, Torna-se notável, portanto, que Kant encerre a sua nota afirmando que é *apenas no segundo sentido que nós tomamos aqui a síntese e a análise.*

Nos Prolegômenos, vamos encontrar uma outra passagem em que Kant afirma, explicitamente, utilizar-se do método de análise, e, mais que isso, oferece, ali, uma descrição do método a ser por ele empregado, que é bastante próxima da caracterização geral da análise geométrica. Vejamos a passagem com grifos nossos.

> *Mas não devemos aqui procurar primeiro a possibilidade de tais proporções, (sintéticas a priori) isto é, perguntar se são possíveis. Há um número suficiente*

> *delas e de fato não são dadas realmente com indiscutível certeza.* Como o método aqui seguido agora deve ser analítico, *nosso* ponto de partida *será que tal conhecimento sintético, porém puro, da razão* realmente existe. *Em seguida devemos 'investigar' o fundamento desta possibilidade e perguntar como é possível este conhecimento para que possamos estar em condições de determinar,* a partir dos princípios *de sua possibilidade, as condições de seu uso, seu âmbito e seus limites.*[26]

Nesta descrição do método analítico em Kant, três elementos fundamentais coincidem com a descrição de Pappus do antigo método de análise geométrica: a) o ponto de partida; b) o movimento e c) o limite da análise (que é ponto de partida para a síntese).

a) Observando-se qual o ponto de partida do método analítico tal como descrito por Kant nessa sua passagem, percebe-se claramente que este consiste em se assumir o que se procura como se fosse *realmente existente*. Ora, mas, na antiga descrição do método oferecida por Pappus,[27] não encontramos outra idéia que não esta a respeito do ponto de partida da análise geométrica: (...) *Na análise*

[26] KANT, I. {1974}, p. 115.
[27] A descrição completa poderá ser vista na Secção 3.

teórica assumimos o que se procura como se fosse existente e verdadeiro (...)

b) Em relação ao movimento da análise, temos, nessa passagem de Kant, que este consiste em uma '*investigação*' *do fundamento desta possibilidade: Em seguida devemos investigar o fundamento desta possibilidade e perguntar como é possível este conhecimento* (...). Em Pappus, temos que: *Assumimos o que se procura como se fosse dado,* e investigamos *algo de que provém, aquilo que o acarreta como resultado, e, novamente qual a causa antecedente deste último e assim por diante.* Desta forma, o que se descreve aí é uma investigação que parte do que se assumiu como existente e verdadeiro para aquilo que o possibilita, *os princípios de sua possibilidade,* para utilizar a terminologia kantiana.

c) Mas vejamos, agora, para concluir este confronto entre o método analítico em Kant e a antiga análise geométrica, o que se estabelece como limite deste método. Em Kant, o limite da análise vem a ser *os princípios de possibilidade,* a partir dos quais se determina o que fora assumido, no ponto de partida da análise, como *realmente existente.* É esta a idéia que encontramos na passagem dos Prolegômenos acima transcrita. Ora, em Pappus, vamos ter que a análise prossegue *até que seja alcançada (...) alguma coisa acima (...) pertencente à classe dos primeiros princípios.* Este, o limite da análise que, igualmente, se constitui em ponto de partida da síntese, onde se estabelece o que se deseja provar.

Pelo que acabamos de ver, portanto, torna-se dificultoso rechaçar que Kant estivera realmente de posse dessas antigas idéias metodológicas e que, em tais casos, as transpôs adequadamente para uma outra esfera de aplicação.

Deste modo, estamos de pleno acordo com a afirmativa de Loparić de que, *segundo Kant, o método analítico é esse de busca e descoberta, e o método sintético, é aquele de elaboração científica do conhecimento* e, como tal, ambos são encontrados nos *Prolegômenos*.(Loparić. 1982, p.32).

Diversos outros confrontos poderiam ser ainda estabelecidos entre algumas idéias kantianas e o antigo método de análise geométrica. No entanto, alguns deles resultariam em um alongamento considerável deste capítulo, além de requerer uma antecipação de aspectos mais complexos da análise como os que serão vistos no Capitulo III. Exemplo disso seria um estudo a respeito do reflexo das idéias da análise e da síntese sobre certos aspectos da distinção estipulada por Kant entre os juízos analíticos e sintéticos, o que é efetivamente investigado e discutido por Hintikka.[28] Isto posto, consideramos aqui ilustrado o ponto principal de que Kant, de fato, recorreu, em diversos momentos, aos velhos conceitos de análise e síntese empregados na prática dos antigos geômetras gregos, e que isso evidencia, mais uma vez, a importância do método,

[28] Veja-se Hintikka, J. 1973.

constituindo-se em mais uma motivação para se investigar detalhadamente o tema.

2.2.2 - Idéias de Análise e de Síntese em Marx:

Para finalizar o elenco dessas influências que poderia se estender mais e mais, e como forma de se constatar a riqueza da análise e síntese como modelo conceitual metodológico, podemos destacar a presença de seus conceitos em um outro campo diverso como a Economia Política, em especial em escritos marxianos.

O próprio Marx destaca o ineditismo da aplicação deste método na esfera da economia, ou como afirmou ele, "aos objetos econômicos", na carta escrita originalmente em francês, dirigida a Lachâtre[29]: "*La méthode d'analyse que j'ai employé et qui n'avait pás encore été appliqué aus sujets éconimiques...*"

Todavia a referência mais exata se encontra na Introdução à Crítica da Economia Política, que faz parte dos apontamentos econômicos de Marx dos anos de 1857 a 1858[30], mais precisamente ao início da Seção 3. "O Método

---

[29] Editor da 1ª edição francesa do Capital, Livro I. A carta é datada de 18.03.1872, e a citação surge ao início do segundo parágrafo. É curioso observar que, em algumas traduções, foi suprimido o designativo "d'analyse". Apud Soares, A.J. Dialética, Educação e Política: uma leitura de Platão. São Paulo, Cortez Editora, 2002.

[30] Descoberta em 1902 entre os seus manuscritos, foi publicada pela primeira vez em 1903, na Revista *Die Nue Zeit*. "Introdução à Crítica da Economia Política", nome que se tornou tradicional na bibliografia de Marx, não foi a denominação originariamente dada pelo autor, mas o título sob o qual foi publicado, pela primeira vez, este escrito.

da Economia Política", temos ali a indicação de um método em que as denominações "análise" e "síntese", além de serem explicitamente empregadas, coincidem conceitualmente com o significado geral do método.

Iniciando essa Seção, Marx afirma que quando se estuda um dado país do ponto de vista da Economia Política, inicia-se por sua população, em razão de ser esta a base e o sujeito do ato social de produção, como um todo. Uma observação mais atenta, todavia - como adverte Marx - nos leva a concluir que isto é falso:

> *A população é uma abstração, se desprezarmos, por exemplo, as classes que a compõem. Por seu lado, estas classes são uma palavra vazia de sentido se ignorarmos os elementos em que repousam, como por exemplo: o trabalho assalariado, o capital, etc. Estes pressupõem a troca, a divisão do trabalho, os preços etc. O capital, por exemplo, sem o trabalho assalariado, sem o valor, sem o dinheiro, sem o preço, etc. não é nada. Assim, se começássemos pela população, teríamos uma representação caótica do todo.* (Marx, **1974**, p. 122).

Nesse trecho Marx sugere já o método que, em seguida, vai explicitar. Há conceitos importantíssimos aí envolvidos do ponto de vista da relevância para uma estreita relação com os conceitos de análise e síntese que, em seguida serão por ele adotados. Em primeiro lugar, Marx se utiliza nitidamente do conceito de partes componentes, de cadeias de concomitâncias, enfim de vários conceitos que fazem parte da compreensão da idéia geral de análise.

Um outro aspecto a destacar é a crítica que Marx faz ao estudo da 'população' enquanto ponto de partida para o estudo de um país no âmbito da Economia Política. Do ponto de vista metodológico, pode-se constatar, pela seqüência do texto que veremos adiante, que esta crítica se aplica à tomada do conceito de 'população' enquanto ponto de partida da síntese e não da análise. Do ponto de vista da síntese, na visão metodológica marxiana, o conceito de 'população' será o ponto de chegada, a partir dos conceitos mais simples que forem alcançados na análise. Vejamos, pois, a seqüência em que se evidenciam estes aspectos:

> *Assim, se começássemos pela população, teríamos uma representação caótica do todo, e através de uma determinação mais precisa, através de uma* ***análise,*** *chegaríamos a conceitos cada vez mais simples; do concreto idealizado, passaríamos a abstrações cada vez mais tênues até atingirmos determinações as*

> *mais simples. Chegados a este ponto, teríamos que voltar a fazer a viagem de modo inverso, até dar de novo com a população, mas desta vez não como uma representação caótica do todo, porém como uma rica totalidade de determinações e relações diversas.*
> (Marx, **1974**, p. 122).

Como vemos, esta passagem além de explicitar o termo 'análise', reproduz, na realidade, uma descrição dos procedimentos metodológicos da análise e da síntese. O ponto de partida da análise (o que se pretende provar ou demonstrar, assumido como se fosse verdadeiro ou possível) é aqui o próprio conceito de população, tomado como *o concreto idealiza*do. O limite da análise, que será o ponto de partida da síntese, são *as determinações mais simples*. Na síntese, parte-se desse ponto que por último foi alcançado na análise, fazendo-se *a viagem de modo inverso,* através de uma cadeia de determinações, até que se chegue novamente ao conceito de 'população', mas desta feita, estabelecido, ou seja, *como uma rica totalidade de determinações e relações diversas*. Vemos assim, que a estratégia é a de se supor o que se deseja estabelecer, extraindo-se daí, através de uma cadeia de determinações, conceitos cada vez mais simples. Chegados a um desses conceitos que Marx chama de *determinações mais simples,* faz-se o caminho reverso até se chegar ao conceito que se pretende estabelecer, como resultado dessas determinações.

O termo 'síntese', todavia, só aparece explicitamente em um trecho subseqüente da mesma seção que trata do método da Economia Política, onde Marx explicita igualmente o papel da síntese e a questão do ponto de partida. Vejamos, pois, essa passagem:

> *O último método é manifestamente o método científico exato. O concreto é concreto porque é a **síntese** de muitas determinações, isto é, unidade do diverso. Por isso o concreto aparece no pensamento com o processo da síntese, como resultado, não como ponto de partida, ainda que seja o ponto de partida efetivo e, portanto, o ponto de partida também da intuição e da representação. No primeiro método, a representação plena volatiza-se em determinações abstratas; no segundo, as determinações abstratas conduzem à reprodução do concreto por meio do pensamento.* (Marx, **1974**, pp. 122-123).

Como se vê, o *último método* a que Marx se refere é a síntese e o *primeiro método*, a análise. O primeiro é considerado apenas uma maneira de proceder do pensamento intuitivo *em determinações abstratas*, enquanto que o segundo, ou o último, é, para Marx, o método *manifestamente científico*, onde as determinações abstratas levam à reprodução do concreto.

Na citação acima, verifica-se ainda que, também para Marx, análise e síntese são tidas como dois métodos distintos, conferindo-se apenas ao segundo um status de cientificidade, devido ao seu caráter determinativo, concepção que não difere da de muitos estudiosos do método de análise-e-síntese. Para muitos, apenas a síntese é verdadeiramente procedimento científico, enquanto método de construção científica do conhecimento.

A esse respeito, é interessante observar, por fim, como a visão de Marx do papel distinto desempenhado pela análise e pela síntese na ciência coincide também o pensamento de Kant, como visto na seção precedentes:

> *É sem dúvida necessário distinguir o método de exposição, formalmente, do método de pesquisa. A pesquisa tem de captar a matéria, analisar as suas formas de evolução e rastrear sua conexão íntima. Só depois de concluído este trabalho é que se pode expor adequadamente o movimento real."*[31]

Mas, dando-se mais um grande salto no tempo, podemos contemplar na história da filosofia e na filosofia da ciência contemporânea, pensadores a adotar

[31] Posfácio à 2ª Edição de O Capital, (parte final) datado de 24.01.1873.

a estrutura analítica como modelo conceitual para a ciência que, desta forma, passa a ser encarada como uma atividade de resolução de problema. *Essa nova visão de ciência* - como afirma Loparić - *em discordância clara com a abordagem axiomática que dominou o positivismo lógico desde os meados dos anos trinta, sugere diversas linhas de pesquisa. Pode-se, por exemplo, tentar lucrar filosoficamente com os resultados da teoria lógica da computabilidade e da solubilidade*[32]. E, nessa perspectiva, mais uma vez o modelo metodológico da análise assume importante significado, pois, afinal de contas, tem sido característica fundamental das ciências computacionais a adoção de uma metodologia analítica.

Por essas considerações, mesmo tecidas em linhas gerais, percebe-se que o diversificado papel que tem sido e possa vir a ser desempenhado pela análise geométrica, como paradigma metodológico, pode motivar enormemente um exame rigoroso de aspectos selecionados, de sua história. De nossa parte, selecionamos, como objeto de nossa investigação, o problema da interpretação do método de análise, tema que consideramos fundamentalmente importante para a compreensão mais ampla de toda a controvérsia em torno da metodologia de Galileu.

[32] LOPARIĆ, Z. 1983, p. 5.

CAPÍTULO II: A ORIGEM GEOMÉTRICA DA ANÁLISE E PRINCIPAIS DIFICULDADES PARA A SUA INTERPRETAÇÃO

Neste Capítulo, estaremos nos ocupando de dois aspectos importantes concernentes ao método de análise: A sua origem geométrica e as principais dificuldades para a sua interpretação.

Ao tentarmos estabelecer a origem do método de análise, levamos em conta que uma investigação desta ordem pode oferecer, do ponto de vista da História e da Filosofia da Ciência, importantes pistas para a compreensão do seu verdadeiro significado, como nos leva a crer o procedimento adotado pela grande maioria dos estudiosos do assunto. Além disso, alguns aspectos que serão aqui levantados, servirão também de subsídio para a compreensão de determinadas reconstruções racionais da metodologia galileana, em especial de alguns temas que serão enfocados no Capítulo V, que será dedicado ao racionalismo platonista.

Por outro lado, analisaremos aqui as dificuldades principais para a interpretação do método de análise, objetivando também uma melhor condução da controvérsia em torno do seu significado e alcance, que será objeto de nossa consideração no capítulo seguinte.

1- PLATÃO E A ORIGEM FILOSÓFICA DA ANÁLISE

A questão da origem da análise é discutida por vários historiadores da matemática, e, ao que tudo indica, o ponto principal aí levantado é o de se saber se, em sua formulação geral, o método tem origem filosófica ou geométrica. A partir da consideração dessas duas principais vertentes, tentaremos evidenciar que, do ponto de vista da História da Ciência, se estabelece a origem geométrica do método.

A tentativa de demonstrar que a formulação original do método tenha sido filosófica apóia-se principalmente na tese de que o método de análise seja da autoria de Platão. Iniciaremos pela consideração dessa tese, examinando em que e até que ponto se poderia fundamentar essa opinião.

Embora não se possa precisar com exatidão a origem da análise, algumas fontes chegaram a atribuir a sua descoberta a Platão. Hintikka e Remes[33] acrescentam que, embora Platão não empregue o termo *análise*, seja para designar um método filosófico, ou um método geométrico, algumas fontes[34] alegam ter sido ele o inventor do verdadeiro método de análise geométrica.

[33] Hintikka, J. & Remes, U. [**1974**] , Cap. VII, p. 84.

[34] Hintikka e Remes, [**1974**], nos remetem às seguintes fontes: Proclus (ed. Friedlein) p. 211 linhas 18; Diógenes Laertius II, 24; Academicorum Index Herculanensis, ed. S. Merkler, Weidmann, Berlim, 1902, p. 17. As mesmas referências são dadas também por Brunschvicg, L., [1929], p. 53.

Uma das principais razões pelas quais se associou, na antiguidade, o nome de Platão ao método de análise é levantada por Gulley:

> *Certamente, o modo como a análise geométrica é formulada em Proclus e nos comentários sobre Aristóteles sugere que o desenvolvimento da análise filosófica por Platão e a análise silogística de Aristóteles contribuíram enormemente para a sua formulação. No caso de Platão, esta é, sem dúvida, a explicação para a estreita associação que se estabeleceu, na antiguidade, entre o nome de Platão e análise geométrica.* ([**1958**], pp. 6-7).

Encontram-se, certamente, diversas semelhanças entre os procedimentos adotados por Platão e aqueles que são próprios da análise geométrica. Cornford[35], por exemplo, com o objetivo de definir as experiências mentais que Platão distingue como *nóesis* e *diánoia* chega a nos oferecer fortes indícios dessa semelhança, em particular quando trata de estabelecer o confronto entre matemática e dialética em Platão, no tocante aos movimentos do pensamento. Segundo Cornford, então, quando Platão distingue, em um certo sentido

[35] Cornford, F.M., [**1932**], 41, p.67.

específico, *nóesis* de *diánoia*, nóesis passa significar o movimento ascendente da intuição, ou busca de antecedentes; *diánoia*, por outro lado, assume, aí, o significado de movimento descendente do pensamento, desenvolvendo o raciocínio da argumentação dedutiva.[36] Sem dúvida, podemos observar uma semelhança com os procedimentos da análise e síntese, pelo menos em sua caracterização geral, descrita no capítulo anterior. Tal semelhança se acentua ainda mais quando Cornford acrescenta que *Platão entendia que a mente humana deve possuir o poder de dar um passo ou salto para cima, da conclusão para as premissas nela envolvidas.* ([**1932**], 4, p.67.)

Para Cornford, foi talvez por essa semelhança que Proclus, em uma certa passagem, estabeleceu uma estreita associação entre o método de Platão que consiste na subida dialética *aos princípios genuínos*, e o método de análise geométrica. A passagem que, a seguir, transcrevemos, merecerá posteriores comentários:

> *No entanto certos métodos têm sido transmitidos. O mais* refinado é o método que, por *meio de análise, conduz a coisa procurada para cima até um princípio conhecido; um método que Platão, segundo dizem, transmitiu a Leodamas, e, por meio do qual*

[36] Este ponto será retomado no capítulo III.

este último afirmou ter descoberto muitas coisas na geometria.[37]

É interessante observar que a passagem de Proclus se inicia com a frase *certos métodos têm sido transmitidos*. Isso, segundo nos parece, é mais um indício de que os *métodos*, principalmente os de descoberta, eram guardados como segredos e que não era, de fato, costume transmiti-los. A esse respeito, por exemplo, encontramos em Hintikka e Remes ([**1974**], p.7), a afirmativa de que *diversos matemáticos do século XVII participavam da crença de Descartes de que os antigos matemáticos tinham ocultado intencionalmente este método vital para eles.* Segundo esses autores, a relativa ausência de discussões explícitas do método entre os antigos matemáticos e filósofos deve-se ao fato de que a análise, afinal de contas, é um método de descoberta e não de prova. Na nossa maneira de ver, isso se dava, conseqüentemente, por uma razão bem simples: Na realidade, como sabemos, os métodos de prova requerem uma justificação para cada passo dado, mas o mesmo não se dá com métodos de descoberta. Desta forma, de fato, não havia uma obrigatoriedade de transmissão de tais métodos, e, em razão disso, muitos geômetras guardavam para si o *tesouro da análise*.

Voltando-se, ainda, à citada passagem, não acreditamos que haja aí algo mais notável do que as

---

[37] Proclus in Eucl. I, p. 211, 18, tradução de Thomas Heath (Greek Mathematics, I, 291).

informações de ter sido Platão o transmissor do método e de ter Leodamas afirmado ter *descoberto muitas coisas* através do mesmo. Da primeira informação não se segue que seja Platão o autor do método, e a segunda, apenas reforça ser este um eficiente instrumento heurístico. Desta forma, não concordamos que essa passagem seja uma evidência da autoria platônica do método.

Mas vejamos o que diz dessa mesma passagem o *Sir* Heath:

> *Sendo a análise, segundo a antiga concepção, nada mais do que uma série de sucessivas reduções de um teorema a outro, até que seja finalmente reduzido a um teorema ou problema já conhecido, é difícil ver em que possa consistir a suposta descoberta de Platão; pois a análise, neste sentido, deve ter sido freqüentemente usada em investigações anteriores (de que exemplos são oferecidos). Por outro lado, a linguagem de Proclus sugere que o que ele tinha em mente era o método filosófico descrito na passagem da República, que, naturalmente, não se refere, de forma alguma, à análise matemática; pode ocorrer, portanto, que a idéia de que Platão descobriu o método de*

> *análise seja devida a um engano. Todavia a análise e a síntese, seguindo-se uma à outra, são descritas, de alguma forma, como a progressão ascendente e descendente no método dialético intelectual. Sugeriu-se, portanto, que o mérito de Platão foi observar a importância, do ponto de vista lógico, da síntese confirmatória, subseqüente à análise.*[38]

Cornford, que tanta similaridade encontra entre a dialética de Platão e a análise geométrica, concorda que não há dúvida de que Platão não tenha inventado o método de análise; Todavia observa que a sua conexão com o método dialético é muito mais próxima do que Heath sugere.[39]

Mas voltemos ainda à passagem de Proclus citada ainda há pouco: Cherniss[40], à semelhança de Hintikka e Remes, a considera, juntamente com a de Diógenes Laertius, III, 24 (em que este indica ter sido Favorinus a sua fonte para a afirmativa de que Platão foi o primeiro a explicar o método a Leodamas), como um dos principais sustentáculos da *tradição* da autoria platônica do método de análise geométrica. Essa tradição, igualmente rejeitada por Cherniss, é

---

[38] Heath, T. A History of Greek Mathematics, I, 303, apud Cornford, F. M. **[1932]**, p. 64.
[39] Veja-se Cornford, F.M., **[1932]**, 41, p. 418.
[40] Cherniss, H., **[1950-51]** 4, p. 418.

defendida por Mugler em *Platon et la Recherche Mathématique de Son Époque.*[41] Segundo Mugler, *a invenção do método de análise está contida, em germe, na 'República' 510-11.*[42] Além disso, para ele, *o que distingue os métodos do geômetra e do dialético não é tanto o seu procedimento, mas a sua esfera de aplicação.*[43]

Entre outros comentários e argumentos que se fundamentam em aspectos cronológicos no confronto de textos antigos,[44] há uma referência de Cherniss a respeito das passagens de Proclus e Diógenes Laertius, onde ele afirma que Proclus sentiu alguma reserva com relação à afirmativa de que Platão transmitira o método a Leodamas e, por essa razão, protegeu-se na expressão "*segundo dizem*". Quanto à passagem de Diógenes Laertius, Cherniss considera que, aí, há apenas a indicação de que Favorinus foi a sua fonte de informação para o enunciado de que Platão foi o primeiro a explicar o método a Leodamas. E acrescenta:

> *Ninguém afirma inequivocamente que Platão foi o primeiro a formular o método; e o mais antigo autor do 'Index Herculanensis' (Col. V. 14 ff. p. 1, Mekler), cujo*

---

[41] Mugler, Strasbourg, **[1948]** pp. 283-297. Apud Mahoney, M.S. **[1968-69]**, 5, p. 318; e Cherniss, H. **[1950-51]**.
[42] Mugler, opus cit. p. 288.
[43] Idem, ibid. p. 291. Para Cherniss, no entanto, **[1951]**, 4, p. 416, Platão afirma exatamente o contrário: É o método que distingue a matemática e a dialética, e que o movimento ascendente de 511-b pertence somente à dialética.
[44] Veja-se Cherniss, H. **[1951]**, 4, p. 420.

testemunho Mugler não menciona, fala apenas da proeminência da análise à época de Platão, sem atribuir o método ao próprio Platão. ([**1950-51**], p. 418).]

O que, de certo, torna altamente improvável a autoria de Platão do método da análise e que, conseqüentemente, exclui a sua formulação filosófica como originária, são as evidências de que a análise geométrica, como um método conhecido, era pré-platônica.

2- HIPÓCRATES DE QUIOS E A ORIGEM GEOMÉTRICA DA ANÁLISE

Admite-se, comumente, que a análise fora já empregada por Hipócrates de Quios e talvez pelos primeiros pitagóricos. No caso de Hipócrates, são diversas as referências[45] com respeito ao uso que ele fizera desse método na busca de soluções para o problema da duplicação do cubo (que consiste em calcular qual deve ser a aresta de um cubo cujo volume seria igual ao dobro de um cubo dado). Mahoney[46]

[45] Veja-se Heath, T. - History of Greek Mathematics (Repr. Oxford , [**1960**], pp. 183-200); Bacca, J.D.G. - Textos Clássicos para la Historia de la Ciencia (vol. I de la Biblioteca Filosófica del Anuário EPISTEME, Universidad de Venezuela, Caracas, Instituto de Filosofia, [**1961**],pp. 44-47); Mahoney, M.S. - Another Look at Greek Geometrical Analysis, in Archive for History of Exact Sciences, pp. 331-33); Hintikka, J. & Remes, U. - The Method of Analysis([**1974**], p.84.); Thesleff, H. - *Scientific and Techinical Style in Early Greek Prose* in Arcotos (N.S.) B. [**1966**], p. 105; Michel, P.H. e outros - História Geral das Ciências, Tomo I, 2° Vol., São Paulo, Difusão Européia de Livros, **1959**, p. 37; Brunscvicg, L.([**1947**],p. 53).
[46] Mahoney, M.S. [**1969**], pp. 331-332.

considera que o método por ele empregado era um tipo especial de análise, a análise por **redução.** Neste sentido, a recorrência a um texto específico de História da Ciência[47] nos revela que Hipócrates de Quios é considerado o inventor do método **apagógico**, que consiste em reduzir um problema a outro de forma que, se o segundo for resolvido, o primeiro também estará solucionado.

Para Brunschvicg[48], no entanto, o próprio Proclus ensinou que Hipócrates de Quios, contemporâneo de Teodoro de Cirene,(o mais antigo autor dos *Elementos Geométricos*) se utilizara de uma forma especial de análise, απαγογή, (**apagogué**) através da qual obteve a redução do problema da duplicação do cubo ao problema que consiste na determinação de duas médias proporcionais entre duas retas dadas.

Em face da importância das referências a Hipócrates de Quios como um dos pontos fundamentais para o estabelecimento da origem geométrica do método de análise, convém investigar ainda e desta vez internamente, a forma como um problema era por ele tratado.

De acordo com Mahoney, além do problema da duplicação do cubo, dois outros problemas que dominaram a época de Platão - a quadratura do círculo e a trisecção de um ângulo - já haviam sido tratados por

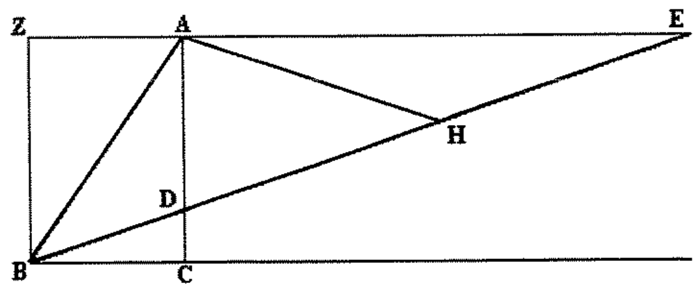
---

[47] História Geral das Ciências, Tomo I, 2° Vol. Michel, P.H. e outros. **[1959]**.
[48] Brunschvicg, L. **[1929]**, p. 53.

Hipócrates de Quios pelo método de análise por redução. Vejamos, pois, a título de exemplo para posterior confronto, como Hipócrates de Quios considerou o segundo problema.[49]

Antes de tudo, a análise começa com a redução do problema particular a um outro mais geral, cuja solução se impõe como condição para a solução do primeiro:

Seja, pois, ângulo ABC trisectado. Trace uma linha AC perpendicular a BC. *Suponha, agora, que o problema está solucionado* e que o ângulo DBC é igual a um terço do ângulo ABC.



Trace BZ perpendicular a BC e complete o retângulo ACBZ. Prolongue as linhas BD e ZA até o seu ponto de encontro em E. Seja H o ponto médio de DE e trace AH; Uma vez que o triângulo ADE é um triângulo reto, então, AH = DH = HE. Portanto, $\angle$ AHD = $\angle$ HAE + $\angle$ HEA = 2 $\angle$ HEA = 2 $\angle$ DBC = $\angle$ ABD , de que se segue que AH = AB = 1/2 DE. Por conseguinte, o ângulo ABC pode ser trisectado se é possível

[49] Exemplo da abordagem do primeiro problema encontra-se também em Mahoney, M.S. **[1968]**, 5, p. 333. Veja-se também Heath, T. - History of Greek Mathematics (Repr. Oxford, **[1960]**, p. 183-200.)

estabelecer, entre a linha ZA prolongada e a linha AC, uma linha transversa AD que seja igual a 2 AB que, se prolongada, passa pelo vértice B. (estabelecendo um terço do ângulo que se propunha trisectar.)

Desta forma, o problema da trisecção do ângulo se reduz a um outro problema com novas condições que requerem técnicas específicas de solução.[50] Todavia, o que nos interessa aqui é muito mais o procedimento adotado por Hipócrates de Quios do que a solução propriamente dita, pois a análise, em si, não representa a demonstração do teorema ou, no caso, a solução do problema.

O que mais importa é que, se confrontarmos, agora, essa estratégia com a caracterização geral da análise vista no Capítulo I, e mais ainda com a descrição de Pappus, que será vista na seção seguinte, constata-se que temos, aí, um claro exemplo do emprego do método de análise: Assume-se o problema proposto como resolvido e, a partir da solução assumida, buscam-se, de forma sucessiva, as condições antecedentes que proporcionariam tal solução. Satisfeitas essas condições, será possível, então, construir a solução do problema.

Para se enfatizar, mais uma vez, o aspecto heurístico desta forma de análise, pode-se destacar o emprego que dela foi feito, ainda por Hipócrates de Quios, como um procedimento que possibilitou a

[50] Para detalhes da solução deste problema, veja-se Mahoney, M.S., [1968], 5. 333.

descoberta de interessantes coisas, ao limite da análise. Consta que, ao aplicar esse método ao problema da duplicação do cubo, Hipócrates de Quios, embora não tenha podido solucionar o problema, obteve um resultado surpreendente em relação ao nível da matemática de então. Esse resultado, que por si só já é notável, foi o de estabelecer que o problema da duplicação do cubo se reduzia ao de encontrar duas médias proporcionais entre dois números dados - e não apenas uma como para a duplicação do quadrado.[51]

O ponto fundamental, todavia, da consideração do procedimento empregado por Hipócrates de Quios, é o da clara correspondência que temos com o método de análise e, por conseguinte, uma evidência pré-platônica do uso do método para resolver problemas geométricos.

Na antiguidade, são encontradas, ainda, diversas outras referências à análise, as quais ilustram não apenas o seu significado geral, como também o seu sentido específico na lógica e, em seguida, o uso do termo para designar um método geométrico. Gulley[52], por exemplo, destaca que a aplicação do termo nos diversos campos do saber foi detalhadamente descrita pelos comentadores gregos, em particular quando trataram de explicar o título do *Analíticos* de Aristóteles. Remetendo-nos a diversas fontes,[53] Gulley aponta o uso que era feito do termo

---

[51] Veja-se a este respeito, História Geral da Ciência **[1959]**, p.37.

[52] Gulley, N. **[1958]**, 33 p. 4.

[53] Alexandre, in An. Pr; I, 7-12 (Wallies); Ammonius, in An. Pr. I, 5-10 (Wallies); Philophonus, in An. Pr. I, 5-16 (Wallies): Eustratius, in An. Pr. II, 3-10 (Hayduck).

pelos γραμμάτικοι, φυσιόλογοι, φιλόσοφοι e γεωμέτραι (gramáticos, fisiólogos naturalistas, filósofos e geômetras) para designar um processo de resolução de um todo para as suas partes, de um composto para os seus elementos, do complexo para o simples.[54] No sentido lógico, que diz respeito ao sentido geométrico, a análise é vista como um movimento de busca de antecedentes.

Há, no entanto, uma outra evidência em favor de que o método analítico não fora, inicialmente uma formulação filosófica, mas que, sendo uma formulação já existente de uma prática dos antigos geômetras, se viu influenciado pelos trabalhos de Platão, no sentido de receber uma formulação mais precisa. Desta forma, quando Platão introduziu, pela primeira vez no Meno, o método analítico ἐξ υποθεσεως (a partir de hipóteses), ele o compara ao antigo método de análise geométrica, donde se pode concluir que este antecedera àquele.

Podemos citar aqui um outro historiador da matemática, Boyer, que comunga desta mesma idéia.

> *Platão parece ter observado que, com freqüência, convém pedagogicamente, quando a cadeia de raciocínio que leva das premissas à conclusão não é evidente, inverter o processo. Começa-se com a proposição a ser*

[54] Cf. Gulley, N. Greek Geometrical Analysis, in Phronesis 33 **[1958]**, p. 7, nota 1.

> *provada e dela deduz-se uma conclusão que se sabe ser válida. Se, então, é possível inverter os passos nesse raciocínio, o resultado é uma demonstração da proposição. É impossível que Platão tenha sido o primeiro a notar a eficácia do ponto de vista analítico, pois qualquer investigação prévia de um problema equivale a isso. O que Platão provavelmente fez foi formalizar o método ou talvez dar-lhe o nome.* (Boyer, Carl B., [**1974**, 6:65].

Outra evidência bem mais importante é a referência que faz Aristóteles ao método que, em seu tempo, era conhecido como análise geométrica, e isto sugere que o método fora originariamente formulado pelos geômetras. É conhecida a passagem da *Ética*[55] em que a deliberação humana é descrita como um processo que, tencionando um fim a ser alcançado pela ação, trabalha regressivamente, ao longo de uma cadeia de meios, para poder atingi-lo. Esse processo deve ser perseguido até que se encontre, como primeiro elo dessa cadeia de ações, uma que possa ser executada de imediato e que, no caminho descendente, conduza ao objetivo pretendido. Em outras palavras, esse processo pode ser esquematizado da seguinte forma: Um agente X pretende alcançar um objetivo A. Para alcançar A, é

[55] Apud . Gulley, N. Greek Geometrical Analysis, in Phronesis 33 [**1958**], p. 7, nota 1.

necessário desempenhar uma ação B. Mas, para realizar B, X verifica que, antes deve ser realizada a ação C, e assim sucessivamente, até que, nesta cadeia, seja encontrada uma ação que possa ser, de imediato, executada e, a partir da qual seja desencadeado o processo e, assim, percorridos os meios para alcançar o objetivo. Digamos, para simplificar, que essa ação imediata seja C. Realizada a ação C, X poderá executar B que conduzirá a A, o objetivo pretendido.

Aristóteles compara esse processo regressivo utilizado na solução de um problema prático, à análise de uma figura geométrica, ou diagrama (διάγραμμα), onde o último passo da análise se torna o primeiro na construção que se segue. Ora, ao comparar o processo de deliberação, na esfera da ação humana, à análise de uma figura geométrica, Aristóteles não buscou como segundo termo da comparação um procedimento dialético e, portanto, nesse contexto, filosófico. Isso nos revela, então, que o sentido da análise, à época, estava muito mais solidificado como um método geométrico do que filosófico. Além disso, Aristóteles, nessa passagem, nos oferece também uma descrição do método de análise.

Apesar disso, a única explicação extensiva do conceito de análise e síntese só veio surgir bem posteriormente, sendo devida a Pappus de Alexandria, matemático que viveu provavelmente em torno do ano 300 d.C. No livro VII das suas *Collectiones*, ele descreve um ramo de estudo que chamou de *analyomenos*, termo que, segundo Polya, pode ser traduzido hoje como *Tesouro da*

Análise, ou *Arte de Resolver Problemas* ou mesmo *Heurística.*[56] Como pode revelar a sua *Collectio*[57], Pappus tinha um conhecimento completo da história do método e, como hábil matemático, era um perfeito praticante da análise. Desta forma, o seu relato assume importância capital na história do método, sendo ele, então, considerado uma testemunha fidedigna.

Concluindo esta seção, podemos afirmar, então, que tradicionalmente se admitia a análise filosófica (dialética) e a análise matemática ou geométrica, esta antecedendo àquela.

Embora se possa encontrar alguma tênue referência à contribuição de Platão aos axiomas da matemática, não teria sido ele um praticante da análise matemática, mas de um outro tipo de método analítico, a análise filosófica ou dialética. Vejamos a esse respeito, mais uma citação de Boyer:

> *Embora nos seja dito que Platão deu contribuições aos axiomas da matemática, não temos uma exposição de suas premissas. Poucas contribuições matemáticas específicas são atribuídas a Platão. Uma fórmula para triplas pitagóricas* $(2n)^2 + (n^2-1)^2 = (n^2+1)^2$, *onde n é qualquer número natural, tem o nome de Platão, mas é apenas uma*

---

56 Veja-se Polya, G. A arte de resolver problemas **[1978]**, p. 104.

57 Pappi Alexandrini Collectionis Quae Supersunt, ed. por Fr; Hultsch, Berlim, Weidmann, Vols. I-III, 1876-1877.

versão ligeiramente modificada de um resultado já conhecido pelos babilônios e pitagóricos. Talvez seja mais genuinamente significativa a atribuição do chamado método analítico a Platão. (Boyer, 1974, p.65).

Nesta passagem, o historiador separa da matemática o método atribuído a Platão. Platão fora o formulador do método de análise na Filosofia. E tradicionalmente, de fato, se admitiu a análise dialética ou filosófica e a análise matemática ou geométrica.

As influências apontadas no capítulo precedente, conforme ficou demonstrado, derivam da análise dos antigos geômetras gregos de que, como será visto, Galileu se faz igualmente um herdeiro.

3 - PRINCIPAIS DIFICULDADES PARA A INTERPRETAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE-E-SÍNTESE:

Pappus de Alexandria[58], por volta do ano 320 d.C. organizou uma obra a que chamou de "Coleção". Nesta obra se encontra uma descrição do método de análise que é reconhecida pelos estudiosos do assunto, como a mais informativa dentre as remanescentes descrições antigas

[58] A passagem é apresentada, entre outros, por Hintikka, J. e Remes, U. in The Method of Analysis, D. Reidel Publishing Company, Boston, U.S.A., pp. 8-10; Richard Robinson in *Analysis in Greek Geometry*, Mind N. S. 43, 1936, p. 465-6 – Tradução de Heath.

do método[59]. É inquestionável a importância da "Coleção" de Pappus para a história da Matemática e para a matemática em si, uma vez que aí se encontram registradas valiosas partes da matemática grega que, de outra forma, dificilmente teriam chegado até nós.[60]

O livro III, por exemplo, registra a clara distinção feita por Pappus entre problemas planos, sólidos e lineares, revelando igualmente a grande apreciação clássica pelas sutilezas da precisão lógica na geometria. O livro IV mostra a insistência de Pappus quanto à necessidade de se conferir uma construção adequada para cada problema. Encontramos aí, por exemplo, uma exposição de diversas abordagens do famoso problema da trisecção de um ângulo que, para Pappus, é um problema sólido, sugerindo que se empreguem seções cônicas; Arquimedes empreendera, de certa vez, uma construção utilizando réguas móveis e, de outra, um sólido regular espiralado. Foi através do livro V que se tomou conhecimento da descoberta por Arquimedes dos treze poliedros semi-regulares, os chamados "sólidos arquimedinos". Neste mesmo livro, Pappus chega a um resultado interessante: mostra que, de dois polígonos regulares com o mesmo perímetro, tem maior área o que possui o maior número de lados.[61] O Livro VII é talvez o de maior significado para a

[59] Essa nossa afirmativa se baseia em Richard Robinson, opus cit. nota anterior, p. 466.
[60] A Coleção era composta de oito livros, tendo se perdido o Livro I e a primeira parte do Livro II. Boyer, 1974,p.135.
[61] A esse respeito, Pappus destaca a "sagacidade das abelhas" que ao invés de construir celas quadradas ou triangulares, constrói celas hexagonais, obtendo, com a mesma quantidade de cera, maior área para depositar o mel.

história da matemática. Como aponta Boyer (**1974**, 10:139), Pappus chega a se aproximar da geometria analítica ao oferecer abordagens surpreendentes para diversos problemas. Em um deles, que ficou conhecido como "o problema de Pappus", propôs de forma generalizada, a introdução de novos tipos de curva[62] ao invés das usuais curvas planas.

Há, todavia, no Livro VII das "Collectiones" um outro ponto por demais importante e extremamente relevante ao nosso propósito aqui: a famosa descrição dada por Pappus do método de análise-e-síntese, que, como foi dito, é tida pelos estudiosos como a mais completa e detalhada dentre as que chegaram até nós. Em razão disso é que a grande maioria das interpretações da análise se baseia principalmente nessa passagem de Pappus, embora se verifique que os defensores de uma e de outra interpretação procurem reforçar, também, a sua posição em outros relatos que não o de Pappus[63]. Assim sendo, antes de apresentarmos a exposição do problema de interpretação da análise, façamos transcrever, aqui, a famosa passagem[64].

> *(I) A análise, então, toma o que é procurado como se fosse admitido e, a partir disso, através de suas sucessivas conseqüências* (διά των εξής ακόλουθων), *passa para algo que se*

[62] Veja-se a esse respeito Boyer, 1974, 10:137.
[63] Essas indicações serão explicitadas adiante no capítulo III e IV.
[64] Tradução nossa a partir do texto de Heath citado por Robinson opus cit., p. 466.

admite como ponto de partida da síntese: pois na análise, assumimos o que se procura como se isso (já) fosse dado (γέγονος), e investigamos algo de que provém, aquilo que o acarreta como resultado, e, novamente, qual a causa antecedente deste último e assim por diante, até que seja alcançada, pela retrodução dos nossos passos, alguma coisa, acima, já conhecida ou pertencente à classe dos primeiros princípios. A um tal método chamamos de análise como solução retrovertida (ανάπαλιν λύσιν).

(II) Mas, na síntese, que é o processo reverso, tomamos como já dado o que por último foi alcançado na análise e, colocando na ordem natural de conseqüência o que antes era antecedente e conectando-os sucessivamente um ao outro, chegamos finalmente à construção do que era procurado; e a isto chamamos de síntese.

(III) A análise, por sua vez, é de dois tipos: o primeiro é dirigido para a busca da verdade e se chama de análise teórica; o segundo se dirige para a descoberta do que estamos

decididos a realizar e se chama análise de problema.

1) Na análise teórica, assumimos o que se procura como se fosse existente e verdadeiro. Feito isso, passamos, através de suas sucessivas conseqüências (διά των εξής ακόλουθων)*, como se elas fossem também verdadeiras e estabelecidas em virtude da nossa hipótese, para algo admitido: neste ponto, (a) se o que é admitido é verdadeiro, então o que se procura é igualmente verdadeiro, e a prova corresponderá ao caminho reverso da análise; mas (b) se o que é alcançado é algo reconhecidamente falso, o que se procura é igualmente falso.*

2) Na análise de problema, assumimos o que é proposto como se fosse conhecido. Depois disso, passamos através de suas sucessivas conseqüências (διά των εξής ακόλουθων)*, tomando-as como verdadeiras, até chegarmos a algo admitido: Neste ponto, (a) se o que é admitido é possível e obtenível, isto é, se se trata do que os matemáticos chamam de* <u>*dados*</u>*, então o que era* *originariamente proposto será também possível, e a prova, novamente, corresponderá à ordem reversa da análise; mas (b) se chegarmos a algo reconhecidamente impossível, o problema será também impossível.*

Examinando o relato de Pappus, podemos dividi-lo em três partes fundamentais: Na primeira (I), encontramos uma descrição geral da análise, onde o método é descrito estritamente como um movimento ascendente de busca de premissas. Na segunda (II), encontramos uma descrição da síntese como um processo dedutivo na direção oposta à da análise. Finalmente, na terceira parte (III), encontramos uma descrição detalhada da análise nos seus dois tipos (análise teórica e análise de problemas) como um movimento "dedutivo" a partir do que se pretende demonstrar, assumindo-o como verdadeiro.

É a partir da descrição da análise em (I) e em (III), que têm surgido as diferentes interpretações do método. Nosso intento agora é o de detectar, de uma forma geral e sem apresentar ainda os argumentos que tendem a sustentar uma a outra posição[65], os principais aspectos que se têm constituído em ponto de discordância entre as principais interpretações.

[65] Esses argumentos serão apresentados à medida que expusermos as diferentes posições nos capítulos III e IV.

Essas interpretações divergem, entre si, quanto a três aspectos fundamentais: em primeiro lugar, o relato de Pappus dá ensejo ao célebre problema da direção da análise. Discute-se, ai, se a análise é um movimento ascendente, ou seja, uma subida em busca de antecedentes dos quais se segue o pressuposto inicial, ou se é, pelo contrário, um movimento descendente, em que cada passo subseqüente é uma conseqüência lógica do que é assumido como ponto de partida na análise. Intimamente relacionado ao aspecto direcional, surge o problema lógico da análise.

A discussão vai girar em torno de questões como a de se saber se a análise é um procedimento dedutivo ou não, ou que tipo de inferência é aí estabelecido, ou ainda como se dá a reversibilidade dos passos da análise na síntese complementar[66]. Na realidade, do ponto de vista prático, falar do problema direcional significa tratar também do problema lógico da análise, ou seja, para se discutir o seu aspecto direcional, torna-se imprescindível uma investigação quanto ao tipo de lógica subjacente ao método. Finalmente, o terceiro ponto de discordância sobre o relato de Pappus é a questão de se saber, afinal de contas, se ele está tratando, em sua abordagem, de um único método ou de duas formas distintas do mesmo método de análise geométrica em que uma seria ascendente e não dedutiva e a outra descendente e dedutiva[67].

---

[66] Discussões detalhadas sobre o problema direcional e o problema lógico da análise serão oferecidas nas seções 1, 2 e 3. do Cap. III.
[67] Este aspecto é discutido em detalhes na seção 3, Capítulo III.

Quanto ao primeiro aspecto do problema da interpretação da análise, ou seja, o aspecto direcional, a primeira parte do relato de Pappus (I) parece estar descrevendo, de forma bastante clara, um procedimento ascendente de busca de premissas. Os que sustentam essa posição se baseiam mais exatamente nesse trecho e interpretam a frase de Pappus "*διά των εξής ακόλουθων*", como significando '*através de seus passos subseqüentes*'', não no sentido de conseqüências, mas de passos que se sucedem apenas temporalmente[68]. Além disso, supõe-se, aí, que as implicações caminham em um único sentido e que, conseqüentemente, a análise significa um movimento *contra corrente* e, assim, apenas a síntese é que é dedutiva, mas não a análise.

Já os que sustentam ser a análise um movimento descendente, vão se fundamentar muito mais na parte (III) do relato de Pappus. Entendem "*διά των εξής ακόλουθων*" como sendo '*através das suas sucessivas conseqüências*', no sentido de conseqüências lógicas. Todavia, o privilégio concedido à parte (III) exige uma conciliação com o que Pappus estabelece na parte (I), e, desta forma, o percurso ascendente da análise passa a ser encarado como uma questão de ponto de referência. A análise só teria sido descrita por Pappus como um movimento ascendente apenas em relação à síntese complementar. Isso significa dizer que, embora a análise seja dedutiva e descendente, ou seja, um

[68] Este ponto é discutido nas seções 2 e 3 do Capítulo III. Todavia uma outra abordagem deste aspecto é oferecida no Capítulo IV.

movimento *a favor da corrente*, pode também ser considerada como um movimento ascendente no sentido de que, na síntese, o processo se inicia pelo que por último foi alcançado na análise e, assim, a última proposição obtida na análise, passa a ser a primeira na ordem da síntese. É sob esta ótica que a análise seria considerada uma *subida* até à primeira proposição. Além disso, presumida a reciprocidade das implicações, Pappus estaria, em qualquer caso, correto ao afirmar fosse qual fosse a direção tomada pela análise.

Em suma, a descrição (I) de Pappus trataria do movimento que vai da proposição assumida como verdadeira para a conseqüência que já é conhecida, não do ponto de vista de como se processa, de fato, por ocasião da análise, mas em relação à síntese subseqüente. Os que assumem esta posição pressupõem, como condição do método, que as implicações sejam recíprocas, pois, em caso contrário, não seria possível a convertibilidade por ocasião da síntese.

De toda forma, do ponto de vista direcional, procede-se analiticamente quando se seguem relações de conseqüência lógica em um sentido oposto à sua direção normal, enquanto que se procede sinteticamente quando se seguem essas conseqüências em sua direção natural. Este aspecto, no entanto, por ter sido preponderante na literatura filosófica da idade média, deixou à margem um outro ponto fundamental à discussão do método de análise: o seu sentido construcional[69]. Em poucas palavras, investigam-se, aí, quais devam ser as transformações necessárias (preparação ou construções) a serem efetuadas na figura, até que se chegue a um estágio anterior que nos possibilite conduzir a prova[70].

O terceiro ponto de discordância na interpretação do relato de Pappus é, como dissemos, o de se saber se se trata aí de um único método ou de duas formas distintas de um mesmo método de análise geométrica, em que uma seria dedutiva e descendente e outra ascendente e não-dedutiva. Os autores que divergem quanto aos dois primeiros pontos, são unânimes quanto a este terceiro: Eles supõem tratar-se de um único método. Todavia, à luz das evidências que tendem a sustentar uma e outra posição, há quem defenda a posição de que, na realidade, Pappus, em seu relato, esteja tratando de duas formas distintas da análise e não, de um único método com um único conjunto de regras.

O problema maior parece decorrer do fato de que as posições são irreconciliáveis, principalmente no que diz respeito a uma pluralidade de métodos descritos, pois os autores que divergem entre si quanto aos dois primeiros problemas, estão supondo a consistência do relato de Pappus, fazendo apelo ao fato de que ele não apenas era um profundo conhecedor do método, mas também um exímio praticante da análise. Por outro lado, quem

---

[69] Maiores detalhes serão vistos no Capítulo IV.
[70] Veja-se o exemplo de Hipócrates de Quios oferecidos na seção anterior.

se propõe a defender que Pappus, em sua abordagem, trata de dois métodos distintos, há de incorrer na acusação de que ele, supondo a equivalência das duas formas distintas do método de análise, não se deu conta da inconsistência envolvida nessa sua suposição, uma vez que, nos casos em que as implicações não são recíprocas, a afirmativa de que *'se na análise encontramos algo reconhecidamente como falso ou impossível então o que se procura será falso ou impossível'* não é necessariamente verdadeira, uma vez que premissas falsas podem dar origem a conclusões verdadeiras.

Essas são, em resumo, as principais dificuldades suscitadas pelo relato de Pappus para uma interpretação do que teria sido o método de análise praticado pelos antigos geômetras gregos. Considerações mais detalhadas serão oferecidas em capítulos subseqüentes.

CAPÍTULO III: UMA VISÃO MULTIFACETADA DO MÉTODO DE ANÁLISE-E-SÍNTESE: O PROBLEMA DA INTERPRETAÇÃO

1- A VISÃO DEDUTIVISTA: OS HISTORIADORES DA MATEMÁTICA

A concepção tradicionalmente aceita, ou concepção-padrão da análise, representa a posição dos historiadores da matemática grega, em especial Hankel, Cantor e Heath que, segundo Richard Robinson, se põem de acordo quanto ao método que os geômetras gregos denominavam de análise[71].

Esta concepção será considerada principalmente a partir da exposição feita por Heath no § 6 do Capitulo IX de sua introdução a *The Thirteen of Euclid's Elements.* Além disso, tendo em vista que o confronto entre a posição de Heath, Cantor e Hankel já foi estabelecido por Richard Robinson, consideraremos o tratamento que foi dado à questão por Duhamell[72] e por Zeuthen[73], procurando confrontá-los com Heath.

Trataremos, em primeiro lugar, do aspecto lógico geral do método e, em especial, do que Pappus chamou de análise teórica, que é a análise enquanto empregada como busca de um caminho para o estabelecimento da verdade de uma certa proposição, ou seja, para a

[71] Veja-se Robinson. R. {1936}, 45, p. 464.
[72] Duhamel, J.M.C. {1885}.
[73] Seuthen, H.G. {1902}.

descoberta de prova de teoremas. Feita esta abordagem, concluiremos esta seção considerando o que Pappus chamou de análise de problemas, ou seja, a análise: enquanto empregada na busca de soluções de problemas.

1.1 - A Análise Teórica e a Lógica Geral do Método:

Iniciemos com a transcrição do trecho de Heath em que expõe, sucintamente, o movimento da análise e a lógica aí envolvida:

> *O método é da seguinte forma: Digamos que seja requerido provar que uma certa proposição A é verdadeira. Assumimos, como hipótese, que A é verdadeira e, partindo desta, descobrimos que, se A for verdadeira, uma certa outra proposição B é verdadeira; se B for verdadeira, então C; e assim por diante, até que cheguemos a uma proposição K que é admitidamente verdadeira. O objetivo do método é possibilitar-nos inferir, na ordem reversa, que, desde de que K seja verdadeira, a proposição A originariamente assumida é verdadeira. Agora, Aristóteles já tornara claro que hipóteses falsas podem levar a uma conclusão*

> *verdadeira. Há, portanto, uma possibilidade de erros, a menos que uma certa precaução seja tomada. Enquanto, por exemplo, B pode ser uma conseqüência necessária de A, pode acontecer que A não seja uma conseqüência necessária de B, assim, para que a inferência reversa de que A é verdadeira a partir de K, seja logicamente justificada, é necessário que cada passo da cadeia de inferência possa ser incondicionalmente convertível*[74].

Podemos perceber, claramente, que a análise é interpretada aí como sendo um processo dedutivo e, portanto, descendente, a partir do que se deseja provar. O método consiste, pois, em se assumir como verdadeiro o que se deseja provar e, a partir disso, se extrair as necessárias conseqüências até chegar a algo já conhecido independentemente como verdadeiro, ou seja, a algo assim como um primeiro princípio ou teorema anteriormente provado, de forma que o conhecimento de sua verdade independa do que originariamente se havia suposto.

A prova do pressuposto inicial, feita reversamente pelo processo da síntese, que é igualmente dedutivo, se inicia pelo que por último foi alcançado

---

[74] Heath, T.L. {1925}, p. 41. (trecho citado com tradução nossa)

na ordem da análise, ou seja, partindo do que é conhecido independentemente como verdadeiro, até que se chegue à proposição que se deseja demonstrar.

Esquematicamente, poderíamos dizer que, caso se deseje provar a proposição A, deve-se extrair daí uma conseqüência lógica, que chamemos B. Se B não é algo conhecido independentemente como verdadeiro, deve-se continuar o processo de extrair conseqüência. Digamos que esta conseqüência de B seja C. Não sendo C ainda algo independentemente conhecido como verdadeiro o processo deve continuar sucessivamente. Mas sendo alcançado algo reconhecidamente verdadeiro, conclui-se o trabalho da análise. Digamos que este último passo seja K. Desta forma, o caminho da análise corresponderia à seqüência de passos $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow K$. A síntese seria, pois, o caminho reverso: Uma vez que K é conhecido independentemente como verdadeiro e implica D, então D é verdadeira. Sendo D verdadeiro e implicando C, então C é verdadeiro, e assim sucessivamente, até que se chegue a A, que era o que se pretendia provar. Desta forma, a síntese pode ser representada pela seguinte seqüência de passos: $K \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$.

Fica claro que esta interpretação pressupõe que as implicações devem ser recíprocas em todos os passos. Este aspecto, para a interpretação tradicional, assume importância fundamental por duas razões. Em primeiro lugar, considerando-se que a análise é vista ai como um processo dedutivo que vai de A até K, então a síntese subseqüente, que corresponde ao caminho reverso de K para A, só será possível se as implicações forem *incondicionalmente recíproca* em todos os passos. Em segundo lugar, o pressuposto da reciprocidade representa a garantia, do ponto de vista lógico, de que se K, a última proposição alcançada na ordem da análise, for falsa, então A, que se pretendia provar, é igualmente falsa, e esse resultado será conhecido independentemente de qualquer síntese subseqüente[75].

Heath observa que, naturalmente, um grande número de teoremas da geometria são incondicionalmente convertíveis, e tanto isso é verdade que, na prática, a dificuldade para assegurar a reversibilidade dos seus passos sucessivos não é tão grande como se poderia supor. Todavia, é *sempre necessário cuidado*: um passo proposicional pode não ser incondicionalmente convertível na forma como se apresenta e, para que assim se torne, será necessário que algumas condições sejam adicionadas. Tais condições seriam, por exemplo, certas propriedades matemáticas que possibilitam reverter os passos, como aquelas que fazem parte dos Elementos de Euclides[76].

A própria abordagem de Heath, pelo que acabamos de ver, parece sugerir algumas dificuldades sérias para a concepção tradicional. Em primeiro lugar, como ele mesmo reconhece, nem todos os teoremas da geometria elementar são incondicionalmente convertíveis. A isso se segue que um passo proposicional que não seja

---

[75] Este aspecto, à luz da concepção tradicional, será adiante detalhado.
[76] Exemplo de tais propriedades serão oferecidos adiante na Subseção 1.2 deste capítulo.

incondicionalmente convertível pode se tornar convertível mediante certas condições adicionais.

No nosso modo de ver, levanta-se aí uma dificuldade que não é resolvida. Ainda que seja possível identificar quais seriam essas condições capazes de possibilitar a reversibilidade de tais passos proposicionais, uma outra questão permanece. Esta questão, que é fundamental, é a de se saber se isto é sempre possível, pois, em caso contrário, ou (1) a análise é um processo estritamente dedutivo em todos os seus passos e, assim sendo, nem todo teorema geométrico pode ser tratado pelo método de análise, ou, então, (2) pelo menos em certos casos, a análise não é um processo dedutivo em todos os seus passos. Ora, mas não encontramos, na literatura sobre o método de análise qualquer referência que sugira que a análise seja um método para a descoberta de provas de *certos* teoremas geométricos. Por outro lado, como veremos, há fortes indícios do emprego do método também como processo não dedutivo, e, assim, a alternativa (2) poderia se apresentar como mais aceitável.

Diante dessas considerações, portanto, parece-nos que assumir a postura de que a análise seja um, procedimento dedutivo em todos os seus passos, como preconiza Heath, pode representar a imposição de sérias limitações ao método de análise.

De qualquer forma, no que diz respeito ao aspecto direcional, a análise, na concepção tradicionalmente aceita, é um movimento descendente, enquanto análise em si, uma vez que de A se segue B; de B, segue-se C, e assim sucessivamente até K. Mas é apenas em relação à síntese complementar que a análise pode, então, ser considerada como um movimento ascendente, uma vez que, atingido K, este será o ponto de partida da síntese. Deste modo, a análise representa uma *subida* até K de que decorre a prova no processo da síntese.

Para a concepção tradicional, isso explica por que Pappus, na primeira parte de seu relato sobre a análise, ao invés de falar das sucessivas conseqüências B, C,..., a partir de A (como na parte III do mesmo relato), afirma que investiga-se, aí, um B a partir do qual se segue A (A como conseqüência de B e não o inverso) e novamente qual o antecedente deste último (C por exemplo) e assim sucessivamente. É que, na realidade, os antigos geômetras gregos buscavam laboriosamente se assegurar da reversibilidade dos passos na síntese subseqüente. E assim, na análise, trabalhavam de forma retrovertida (*backwards*) até alcançar o estágio K, a partir do qual, revertendo o processo, pudessem estabelecer A como conseqüência.

Heath deixa bem posto também que a *reductio ad absurdum* é uma forma de análise. Temos aí um processo que se inicia igualmente a partir da pressuposição de que A é uma proposição verdadeira. Mas, através das suas sucessivas conseqüências B, C,..., pode-se chegar a uma proposição K que, ao invés de ser admitidamente verdadeira, é reconhecidamente falsa, ou ainda, uma sentença que contradiz a hipótese originária A ou alguma outra proposição intermediária entre A e K. Sabendo-se que uma inferência correta não pode, a partir de uma proposição verdadeira, levar a uma proposição falsa, então poderemos concluir, neste caso, que a hipótese A é falsa, pois se fosse verdadeira todas as conseqüências corretamente inferidas a partir dela preservariam a verdade e não originariam contradições.

Feita esta abordagem do ponte de vista de Heath, vejamos, agora, como Duhamel concebe a análise para a demonstração de teoremas.

Num primeiro momento, a análise é vista como um movimento ascendente e não-dedutivo de busca de antecedentes, ou seja, o que ele chama de método de redução:

> *Vê-se, portanto, que este método chamado de análise consiste em estabelecer uma cadeia de proposições, começando com aquela que se pretende demonstrar e terminando em uma proposição conhecida, onde, a começar da primeira, cada uma seja conseqüência necessária daquela que a segue; daí resulta que a primeira*

> *é conseqüência da última e, por conseguinte, verdadeira com ela*[77].

No entanto, Duhamel se apercebe das *dificuldades* de assim conceber e deixa claro que um procedimento analítico desta ordem só é adotado se as implicações não são recíprocas. Neste caso, contudo, se impõe a seguinte questão: Entre as diversas proposições de que a primeira possa ser conseqüência necessária, qual se deverá escolher? E esta mesma questão se entenderá a cada proposição que compõe a cadeia. Para Duhamel, nada se poderá dizer a este, respeito, e, assim, a cadeia de proposições poderá ser prolongada indefinidamente sem que se chegue a uma proposição conhecida, como também será possível encontrá-la prontamente. Isto dependerá da sagacidade de quem procura a demonstração.

Duhamel, todavia, não deixa de considerar também a análise como um movimento dedutivo:

> Se duas proposições sucessivas de que acabamos de falar, forem recíprocas, poder-se-á considerar a segunda como deduzida da primeira em vez de considerá-la como tendo a primeira como conseqüência. E se esta reciprocidade ocorre da primeira à última, pode-se dizer que o método consiste em estabelecer uma série de proposições em que a primeira é a proposição a ser

---

[77] Duhamel, J.M.C. {1885}, p. 41. (Trecho citado com tradução nossa).

> demonstrada e onde a segunda se deduz da primeira, a terceira, da segunda, e assim por diante, até que se chegue a uma proposição reconhecidamente verdadeira[78].

Fica claro, pois, que, para Duhamel, a análise como movimento dedutivo pressupõe a reciprocidade dos passos, com o que Heath está igualmente de acordo.

Devemos observar, no entanto, é que Heath, ao considerar proposições que não são recíprocas na forma como propostas, vai bem mais além que Duhamel e investiga a estipulação de condições que possibilitem torná-las convertível.

1.2 - Análise de Problema:

Para Heath, é em relação a problemas que o antigo método de análise tem uma maior, significação, pois era a análise o único método geral de que se utilizavam os gregos para resolver todos *os problemas mais abstrusos* (τά ασαφέσταρα των προβλεματόν).

Suponhamos que nos seja proposto construir uma figura que satisfaça certas condições. Em uma situação tal, se pretendemos proceder de forma completamente metódica e não meramente por tentativas, convém

[78] Duhamel, J.M.C. {1885}, p. 41-42. (Trecho citado com tradução nossa).

primeiramente *analisar* essas condições. Para isso, devemos assumir que todas elas estão de fato preenchidas, ou seja, que o problema esteja resolvido. A partir disso, valendo-nos de todos os recursos que a prática nos ensina em tais casos, devemos transformar essas condições em outras que sejam necessariamente preenchidas, se as anteriores o forem, e continuar essa transformação até que, finalmente, cheguemos a condições que possam efetivamente ser satisfeita. Desta forma, teremos chegado a alguma relação que nos possibilita construir uma parte particular da figura que não necessita ser fundamentada, a fim de que o problema possa ser resolvido. Assim, é que essa parte particular da figura se torna um dos dados do problema. Quando isso ocorre, a segunda nova parte da figura também se torna dada, e assim prosseguimos até que todas as partes da figura que nos fora proposta estejam construídas.

A esta primeira parte da análise que vai até à descoberta de uma relação que nos possibilita dizer que uma certa nova parte da figura não pertencente aos dados originais é dada é o que se chama de transformação na terminologia de Hankel; e a segunda parte, em que se prova que as demais partes da figura também são dadas, é o que se chama de resolução.

A síntese subseqüente, portanto, consistirá igualmente de duas partes: (1) a construção, na ordem em que foi, de fato, obtida e que segue a segunda parte da análise (a resolução) e (2) a demonstração de que a figura obtida satisfaz todas as condições propostas e que segue, na ordem reversa, a primeira parte da análise (a transformação).

Heath observa que a segunda parte da análise, a resolução, pode ser consideravelmente facilitada e abreviada pela existência de uma coleção de dados, tal como no livro de Euclides, que consiste de proposições que provam que, se, em uma dada figura, certas partes ou relações são dadas, então outras partes ou relações também o são. Na primeira parte da análise, a transformação, aplica-se normalmente a regra de que cada passo da cadeia deve ser incondicionalmente convertível, e qualquer falha na observância a essa condição se tornará visível na síntese subseqüente. A segunda parte, a resolução, poderá, ser diretamente convertida em construção, desde que se trate de dados que possam ser construídos de acordo com os *Elementos*.

Em suas considerações finais à análise de problema, Heath observa que, em certos casos, descobrimos, através da análise, que a solução de um determinado problema só é possível sob certas condições que não fazem parte de sua enunciação geral. Assim, a determinação dessas condições se constitui, nesse contexto, em elemento fundamental e, com isso, nos remete ao conceito de *diorismos* (διορισμος)[79].

Em um primeiro sentido, *diorismos* é, pois, uma determinação da possibilidade de solução do problema.

[79] As considerações aqui feitas são completadas com base em Mahoney, M. S. {1968}, 5, pp. 327-329.

Em Euclides, I, 22, encontramos um exemplo deste primeiro sentido, quando a construção de um certo triângulo, a partir de três retas determinadas, atinge o *diorismos* de que a construção proposta só poderá ser efetuada se a soma de duas das três linhas retas for maior que a terceira restante.

Todavia, relacionada a esta primeira função do *diorismos*, há uma outra que é de grande importância, em especial, para a concepção tradicionalmente aceita. Trata-se de que o *diorismos* também satisfaz as condições sob as quais um passo não originariamente reversível, em uma análise, pode se tornar reversível. Exemplo disso é fornecido por Mahoney:

> *Suponha que a análise de um problema de construção se reduza ao problema de construir uma linha de comprimento x que satisfaça a equação $2x - x^2 = b^2$. Uma tal construção é geometricamente possível, no plano real, apenas se a área dada b^2 é menor ou igual a ½ a^2. Desta forma, na síntese, o passo que propõe esta construção se depara com a extensão da área b^2.*[80]

É neste sentido que Heath observa que, embora em certos casos o *diorismo* que se manifesta, seja provado no final da análise, em outros, a sua prova é protelada

[80] Mahoney, M. S. {1968}, 5, pp. 328. (Trecho citado com tradução nossa).

até ao final da síntese, onde se torna condição de reversibilidade dos passos[81].

Desta forma, como afirma Mahoney, os *diorismo* servem, então, a dois propósitos: (1) eles auxiliam o estabelecimento da reversibilidade de certas implicações simples e (2) estabelecem a possibilidade de solução.

É tempo de considerarmos, agora, a abordagem que é dada por Duhamel à análise de problemas. É posto inicialmente que o objetivo de um problema é determinar *algo* que satisfaça a certas condições dadas. Mas, evidentemente, isso será obtido caso se encontre um outro elemento, ainda que sujeito a novas condições, que acarrete o primeiro como conseqüência necessária. Se este novo problema é mais fácil de resolver que o primeiro, então a questão terá sido avançada. Caso essas novas condições sejam conhecidas, resolvendo-se o segundo problema, o primeiro estará resolvido. Todavia, se este segundo não puder ser imediatamente resolvido, busca-se, da mesma forma, remetê-lo a um terceiro problema. Se não for possível ainda resolver imediatamente este terceiro, trata-se semelhantemente de remetê-lo a um quarto, e assim sucessivamente, até que se chegue a um problema que se saiba resolver. Nesta cadeia de problemas, a solução de qualquer um deles fará conhecer a solução do problema precedente, de tal forma que, revertendo-se o processo até o

[81] Exemplo do primeiro e do segundo caso são citados por Heath {(1925), p. 142} em Arquimedes, *Da Esfera e do Cilindro*, II, 7 e II, 4 respectivamente.

problema original, a solução do problema anterior proporciona a solução do problema proposto.

Percebemos aí, mais uma vez, que, nesta primeira abordagem do método ora aplicado a problemas, Duhamel não considera a dedutibilidade na ordem da análise, mas apenas na ordem da síntese. Todavia, está ele bastante convencido de que conceber o método apenas desta forma acarreta dificuldades e incertezas:

> *Os problemas que substituímos sucessivamente, uns pelos outros, não são determinados de maneira absoluta; a escolha pode ser mais ou menos feita com discernimento, e, algumas vezes, ao invés de tornarmos a solução do problema mais próxima, podemos torná-la mais distante. Assim, nossos métodos se apresentam apenas como meios de procurar e não de encontrar seguramente. Eles indicam como devemos conduzir nossas tentativas, mas sem dizer em que elas devem consistir precisamente, nem se elas terão algum êxito. Não é preciso exagerar o seu poder, mas estaremos bem longe da verdade se os encararmos como inúteis*[82].

[82] Duhamel, J. M.Cornford {1885}, p. 44. (Trecho citado com tradução nossa).

Visto assim, o método consistiria em uma cadeia de reduções de um problema a outro em que, não obstante o caráter heurístico que possibilita direcionar as tentativas de solução, haverá sempre a possibilidade de não se chegar a ela.

Percebendo estas dificuldades é que Duhamel reconhece que *as relações substituídas devem ser recíprocas para que a solução seja perfeita*[83]. E assim, passa a abordar a análise problema na forma geral como vista por Heath e estabelece:

> *Se nos problemas que são substituídos uns pelos outros, partindo-se do que foi proposto, as condições de dois consecutivos quaisquer são recíprocas, as soluções do primeiro são idênticas àquelas do último e de qualquer uma dos outros*[84].

Como vemos, portanto, há uma concordância entre Heath e Duhamel quanto a dedutibilidade dos passos nas duas direções. Todavia, Heath vai mais além ao considerar o caso em que a convertibilidade não é possível exatamente na forma em que os passos foram conduzidos na análise, quando se deve empregar, como vimos anteriormente, o *diorismos*[85].

---

[83] Duhamel, J. M.Cornford {1885}, p. 44. (Trecho citado com tradução nossa).
[84] Duhamel, J. M.Cornford {1885}, p. 44. (Trecho citado com tradução nossa).
[85] A questão de se saber se os passos da análise são exatamente seguidos na síntese, em ordem reversa, será ainda discutida na Seção 2, deste Capítulo.

Para concluir esta seção, resta-nos, agora, abordar a posição de Zeuthen[86], que trata principalmente da aplicação da análise na solução de problemas. Segundo Zeuthen, a finalidade de um problema matemático é encontrar quantidades ou figuras que satisfaçam a certas exigências. Na busca da solução, pode-se freqüentemente *adivinhar*, de certa forma, com base em problemas análogos, e é inegável que, por essa via, se possa chegar, talvez, a importantes resultados. Uma tal adivinhação, no entanto, não se constitui em um método propriamente dito. Como em todo procedimento metódico, convém <u>analisar</u> as condições postas, e, para isso, é necessário, em primeiro lugar, tê-las de forma bem clara.

Assim, deve-se iniciar o processo imaginando que as condições estão satisfeitas, ou seja, que o problema esteja resolvido. Em seguida, tomando-se por base regras de problemas análogos, busca-se transformar as condições a serem preenchidas, em outras que serão <u>necessariamente</u> satisfeitas se as primeiras o forem. Esse processo de transformação deverá prosseguir até que se chegue, enfim, a condições que se sabe satisfazer, e, por meio dessa análise, descobre-se como resolver o problema, se, de fato, ele for solúvel.

Nesta sua concepção de análise de problema, tudo leva a crer que se trata de um processo dedutivo. Convém, contudo, expor a sua descrição da síntese complementar para que, dai, tiremos novas conclusões.

---

[86] Zeuthen, H.G. {<u>1902</u>}, p. 75 e seguintes.

Seguindo a descrição de síntese feita por Zeuthen, teremos aí que executar a solução do problema, ou seja, determinar as quantidades e as figuras encontradas de forma a satisfazer as condições requeridas e transformadas. Feito isto, torna-se ainda necessário demonstrar que as condições primitivamente postas são igualmente satisfeitas. Essa demonstração, em regra geral, se opera por uma transformação das condições que segue uma ordem inversa daquela que se operou na análise, de forma a concluir que, se as novas condições pelas quais se substituíram as primeiras foram satisfeitas, estas também o são necessariamente. E acrescenta:

> *Pode-se omitir esta demonstração, ou melhor, já a temos realizado na análise - desde que se tenha utilizado apenas transformações reversíveis, de modo que as novas condições requeridas sejam apenas necessárias, mais suficientes para as primeiras, de outra forma, não*[87].

Neste ponto, Zeuthen e Duhamel se põem de acordo quanto à concepção de que a análise, como movimento ascendente, não chega a se constituir em um método propriamente dito devido ao seu caráter de *incerteza* e de não normatividade. Zeuthen, porém, não deixa de tratar da possibilidade de tornar reversíveis alguns passos que não o são na forma como conduzidos na

[87] Zeuthen, H.G. {1902}, p. 76-77 (tradução nossa).

análise. Neste aspecto, enquanto Heath aponta também para a função que possa ser desempenhada pelos *diorismo* para a convertibilidade desses passos, o que foi visto anteriormente, Zeuthen recorre ao que ele chama de "*Moyens auxiliaires d'analyse*". Esses meios auxiliares de análise se constituem de certas propriedades matemáticas expostas em uma coleção de problemas contidos nos Elementos de Euclides, o que é igualmente apontado por Heath. Com isso, a convertibilidade da cadeia de redução de um problema a outro pode ser efetuada, ainda que não sejam seguidos, na síntese, exatamente os mesmos passos da análise, desta feita, na ordem reversa.

Por fim, todos os três autores estão de acordo com que Pappus descreve <u>um único método</u> - a análise - que pode ser aplicado para a demonstração de teoremas (análise teórica) e para a solução de problemas (análise de problemas).

> *1. É em relação a problemas que a antiga análise teve a maior significância porque este era o único método geral de que os gregos se utilizavam para resolver os mais abstrusos problemas*[88]. (Heath)
>
> *2. Este método chama-se ainda análise porque reconduz o problema*

[88] Heath, T.L. {<u>1925</u>}, p. 140 (tradução nossa).

proposto a uma série de outros, até que se encontre um que se saiba resolver; da mesma forma, nos casos de teoremas, o método que chamamos de análise transpõe a demonstração do teorema proposto a uma série de outros, até que se chegue a um teorema conhecido. Esta identidade de movimento para os dois gêneros de questão constitui um único método que não pode ser designado a não ser por uma única denominação.[89] (Duhamel)

3) Quem se utiliza da análise para encontrar a solução de um problema ou a demonstração de um teorema, ou que se serve da síntese para expor aquilo que encontrou, a solução de problemas mais simples e a demonstração, se apoiará sempre na exatidão de proposições mais simples, supondo que esteja de posse destes problemas ou proposições mais simples.[90] (Zeuthen)

[89] Duhamel, J. M. C. {1885}, pp. 44-45 (tradução nossa).
[90] Zeuthen,H. G. {1902}, p. 86 (tradução nossa).

2- A VISÃO NÃO-DEDUTIVISTA: VERTENTE PLATONISTA DO MOVIMENTO ASCENDENTE EM BUSCA DOS PRINCÍPIOS

A Concepção da análise geométrica como um método não dedutivo cujo movimento peculiar é ascendente é representado, notadamente, por Cornford, que associa o método à dialética de Platão.

No decorrer do artigo *Mathematics and Dialectic in the Republic* VI-VII,[91] Cornford faz uma critica a concepção comumente aceita de análise e apresenta a sua visão do método.

No referido artigo, os objetivos de Cornford são dois: em primeiro lugar, a)definir as experiências mentais que Platão distingue como *noésis* e *diánoia* e, em segundo lugar, b) explicitar alguns conceitos platônicos contidos no seu esquema da *educação dos que devem governar*. Esses objetivos são respectivamente per seguidos nas duas partes principais que compõem o seu artigo: (1) Noesis and Dinoia e (2) The Programs of Education and Research. Interessa-nos, de perto, a primeira parte, onde o autor destaca quatro elementos básicos do confronto entre matemática e dialética: (a) Objetos, (b) Métodos de Procedimento, (c) Movimentos do Pensamento, Dedutivo e Intuitivo, vistos nos Procedimentos e (d) Estados Mentais do Matemático e do Perfeito Dialético. É especificamente nas seções (b) e

[91] Cornford, F. M. {1932}, 41, p. 61-95.

(c) que Cornford oferece a sua abordagem do método de análise na geometria. Vejamos essa passagem:

> *Platão entendia que a mente deve possuir o poder de dar um passo ou salto para cima, da conclusão para as premissas aí envolvidas. Uma verdade primeira não pode, naturalmente, ser deduzida ou provada a partir da conclusão; ela deve ser apreendida por um ato de penetração analítica, tal ato está implícito na solução 'por meio de hipóteses' no MENO 86, já citado; o geômetra percebe diretamente, sem argumento discursivo, que a condição anterior deve ser satisfeita desde que seja possível realizar a construção pretendida. Agora, em uma certa passagem, entendeu-se que Proclus associa o método platônico da subida dialética aos genuínos princípios, com o método de análise geométrica.*[92]

Como se percebe, então, para Cornford existe uma estreita relação entre os tipos de inferência desenvolvidos na dialética em Platão e na análise geométrica. Tal conexão é mais explicitamente destacada por Cornford, quando considera que, na abordagem da

[92] Cornford, F. M. (1932), 41, p. 67-68 (trecho com tradução nossa).

subida dialética, Platão está descrevendo o movimento do pensamento que foi ilustrado a partir do método de análise e que, assim, este *salto para cima* que a mente é capaz de realizar exprime um dos sentidos de *nóesis*. Por outro lado - prossegue Cornford - o método dialético inclui também um movimento progressivo, a partir dos princípios, que se identifica com aquele desenvolvido na síntese e que corresponde ao sentido de *diánoia* em Platão.

A título de ilustração e de confronto, torna-se interessante salientar que Brunschvicg, [93] em sua abordagem do método de Platão, embora não reconheça a autoria platônica do método de análise-e-síntese, considera existirem ali duas partes principais: a *regressão analítica* e a *dialética sintética*.[94] Segundo este autor, a regressão analítica teria, em Platão, a função de estabelecer as bases da ciência como *independentes do sensível*, remontando das hipóteses que são aí alcançadas, aos princípios absolutos que as fundamentam. Tal é o procedimento na *logística* ou aritmética, na geometria e na astronomia. Enfim, a doutrina platônica das ciências matemáticas, exprime em sua análise regressiva, através de graus sistemáticos de uma teoria do conhecimento, a intensidade crescente da atividade intelectual.

Por outro lado, na dialética sintética, ocorre uma progressão inversa: *a ciência em sua constituição*

[93] Veja-se Cornford, F. M. (1932), 41, p. 72-73.
[94] Veja-se Capítulo V onde se aborda o racionalismo platonista.

definitiva procede a partir dessas hipóteses na direção das suas conseqüências.[95]

Chegamos, agora, ao ponto em que a associação estabelecida por Cornford bem se aproxima do exame do método platônico empreendido por Brunschvicg:

> *As matemáticas situadas na região da διάνοια (diánoia) não são mais que uma ciência intermediária. Sua verdade reside em uma ciência superior. (...) A dialética tem a função de retomar as hipóteses das técnicas particulares e conduzi-las até aos seus princípios, ela se apossa do incondicional; e daí, por um caminho que é o inverso da análise, constrói uma cadeia ininterrupta de idéias que, suspensa ao princípio absoluto, constituirá um mundo independente do sensível, o mundo da νόησις (nóesis).*[96]

Investigadas as bases da associação estabelecida por Cornford entre a dialética e a análise geométrica, bem como o confronto que acabamos de empreender com a abordagem oferecida por Brunschvicg do método de

[95] Veja-se Capítulo V.
[96] Branschvicg, L. (1947), p. 56 (trecho com tradução nossa).

Platão, voltemo-nos, agora, para a concepção de Cornford a respeito do método de análise.

A interpretação que Cornford apresenta do método analítico, no entanto, não se fundamenta apenas na similaridade que ele aponta com a dialética de Platão. Ela está, sobretudo, baseada na parte I do relato de Pappus, onde, de forma bastante clara, o método parece estar sendo descrito como um movimento ascendente de busca de premissas, a partir das quais se possa provar, na síntese, o que é assumido como verdadeiro na análise:

> *(I) A análise, então, toma o que é procurado como se fosse admitido e, a partir disso, através de suas sucessivas conseqüências (διά των εξής ακόλουθων), passa para algo que se admite como ponto de partida da síntese: pois na análise, assumimos o que se procura como se isso (já) fosse dado (γέγονος), e investigamos algo de que provém, aquilo que o acarreta como resultado, e, novamente, qual a causa antecedente deste último e assim por diante, até que seja alcançada, pela retrodução dos nossos passos, alguma coisa, acima, já conhecida ou pertencente à classe dos primeiros princípios.*

> *A um tal método chamamos de análise como solução retrovertida. (ανάπαλιν λύσιν)*[97].

Vejamos, pois, como é textualmente interpretada essa passagem por Cornford e a sua crítica à interpretação costumeira do método de análise:

> *Concluo, a partir da discussão do Sir Thomas Heath, (...) que os modernos historiadores da matemática (...) compreenderam mal a frase 'a sucessão dos passos subseqüentes'* (των εξής ακόλουθων), *interpretando-a como 'conseqüências' lógicas, como se fosse τά συμβαινοντα. (...) Eles têm se esforçado, então, para mostrar como as premissas de uma demonstração podem ser as conseqüências de uma conclusão. Tudo se esclarece quando vemos – o que Pappus diz – que a mesma seqüência de passos é seguida em ambos os processos – de forma ascendente na análise, da conseqüência, e de forma descendente na síntese, quando os passos são revertidos para estruturar o teorema ou demonstrar a construção 'na ordem natural' (lógica). Não se pode seguir a*

[97] Apresentamos a referida passagem de forma completa no Cap. II, Seção 3.

> *mesma série de passos, primeiro em uma direção e, depois, em sentido oposto, e se chegar a* ***conseqüências*** *lógicas em ambas as direções. E Pappus nunca disse que se pudesse. Ele acrescenta εξης para indicar que os passos 'se seguem em sucessão' mas que não são, como ακόλουθα isoladamente poderia sugerir,* ***'conseqüência'*** *lógica na direção ascendente.*[98]

Como se pode observar, para Cornford, ao contrário do que afirmam os historiadores da matemática grega, a análise não se caracteriza como um processo de extrair conseqüências lógicas daquilo que se assume como verdadeiro, mas, antes, como uma busca do que poderia implicá-lo. Por esse ponto de vista, a análise é exclusivamente um movimento ascendente de busca de premissas sem se constituir em um processo de dedução.

A síntese, por sua vez, é *que é dedutiva e refaz o caminho reverso da análise, a favor* da corrente. Se a análise fosse dedutiva - argumenta Cornford - a síntese refaria exatamente o mesmo caminho da análise em sentido reverso. Claro está que, para Cornford, que as implicações não são recíprocas, pois chega a reconhecer a impossibilidade de se ter conseqüências lógicas nas duas direções Essa sua afirmação se baseia, também, na passagem em que Pappus diz que *a síntese coloca na*

[98] Cornford, F.(1932), 41, p. 72 (trecho citado com tradução nossa).

ordem natural de conseqüente o que antes era antecedente. Por conseguinte, a ordem da análise é, do ponto de vista lógico, não-natural, *um movimento contra a corrente*.

Esquematicamente, a posição de Cornford pode ser assim apresentada: Supondo que se deseja provar uma pro posição A, o trabalho da análise consiste, inicialmente, na busca de uma outra proposição que pudesse implicá-la. Digamos que esta tal proposição seja B. Não sendo B algo reconhecidamente verdadeiro, deve-se prosseguir até à descoberta de uma outra proposição que possa implicar esta última e assim sucessivamente até que se chegue, nesta subida, a algo como um princípio, um axioma ou teorema anteriormente provado. Digamos que este último passo seja E. Assim, a análise corresponde ao seguinte esquema: A←B←C←D←E, onde as setas invertidas "←" representam um movimento na direção oposta ao das conseqüências lógicas. A prova oferecida, na síntese subseqüente, corresponde, portanto, à ordem natural das conseqüências lógicas: E→D→C→B→A.

Para Cornford, a famosa frase de Pappus "*διά τϖν εξῆs* ακόλουθων, ao invés de significar *através de sucessivas conseqüências* lógicas, no sentido de conseqüências lógicas, significa *através de uma seqüência* sucessiva, no sentido temporal. Em suma, a análise: a) é não dedutiva, b) é um movimento estritamente ascendente e c) as implicações não são recíprocas.

Ao que tudo indica, esta concepção se deve também à estreita associação que Cornford procura estabelecer entre a análise geométrica e a dialética em Platão. Prova disso é que ele, como se percebe da citação no início desta seção, se fundamentou bastante na passagem de Proclo, em que é descrita a análise.[99]

Mas, como observa Robinson[100], *Proclo estava certo quando descreveu a análise em termos que remontam ao caminho ascendente da dialética na Linha Divisória de Platão, pois esse caminho é uma série de intuições,* como também *é certo que, em seu relato da subida dialética, Platão descreve o movimento ascendente do raciocínio, ilustrado a partir da análise geométrica.*

A posição de Cornford, no entanto, é contestada por Robinson que acorreu em defesa da posição dos historiadores da matemática. Em seu artigo *Analysis in Greek Geometry,* [101] Robinson sustenta que é correta a concepção tradicionalmente aceita da análise e que Cornford está equivocado em sua interpretação do método. Os argumentos contra Cornford defendem três pontos: (1) que ele está influenciado por um duvidoso princípio *a priori,* (2) que ele não consegue explicar um conjunto de textos de importância fundamental e (3) que é incorreta a sua interpretação de Pappus,

[99] Proclus, Euclides, I. p. 211, 18. Tradução do Sir Thomas Heath (Greeck Mathematics, I, 291) – Referência apud Cornford, F. M. {1932}, 41, p. 68).
[100] Robinson, R. {1983}, 4. p. 8. Nesse artigo, Robinson, defendendo a posição dos historiadores da matemática grega, faz severas críticas à Cornford do ponto de vista da lógica. Veja-se a esse respeito exemplos desenvolvimos por Souza, Roberto Lima, 1985.
[101] Publicado originalmente in Mind 45/1936, p. 464-473. O referido artigo traduzido por Roberto Lima de Souza aparece publicado nos *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* 4/1983.

O primeiro ponto de Robinson é, pois, que Cornford, quando afirma *não se poder seguir a mesma seqüência de passos, primeiro numa direção, e depois no sentido oposto, e se chegar a* conseqüências *lógicas nas duas direções*[102] estabelece um duvidoso princípio *à priori* em que se fundamenta:

> *Se esse princípio fosse verdadeiro* – argumenta Robinson – *O método de análise, tal como descrito pelos historiadores da matemática, seria uma impossibilidade lógica; e se os geômetras gregos realmente supunham utilizar um tal método, estavam grosseiramente enganados, seja na sua geometria, seja na sua metodologia*[103].

Mas, naturalmente, não se pode aceitar que um absurdo lógico fosse prática dos grandes geômetras gregos. Além disso, se os historiadores da matemática considerassem que fosse um absurdo lógico conceber o método de análise-síntese como um processo que possibilita conseqüências lógicas nas duas direções, certamente reconsiderariam a sua atribuição aos geômetras gregos e partiriam para uma reinterpretação dos textos. Para evidenciar, por fim, este ponto, Robinson apresenta diversos exemplos matemáticos e geométricos.[104]

Como segundo ponto, o de que Cornford não consegue explicar um conjunto de textos fundamentais,

---

[102] Cornford, F. M. {1932}, 41, p. 72.
[103] Robinson, R. {1983}, 4, p. 9-10.
[104] Outros exemplos são igualmente oferecidos por Souza, Roberto Lima, 1985.

Robinson faz ver que, para se compreender o verdadeiro sentido do método, deve-se levar em conta dois tipos de textos. Em primeiro lugar, aqueles que oferecem uma descrição teórica, da análise e, em segundo lugar, aqueles que tratam da prática do método e que disso oferecem exemplos. Enquanto que textos do primeiro tipo são escassos, pois *as descrições que chegaram até nós são poucas e insuficientes,* textos do segundo tipo são bastante numerosos, e *os exemplos são abundantes e claros.*[105] Não obstante isto - diz Robinson - *no artigo do Professor Cornford (...) apenas o primeiro tipo de texto foi discutido.*[106]

Como último ponto de sua argumentação contra Cornford e em favor da concepção tradicional, Robinson faz ver que a forma como Cornford interpreta Pappus incorre em erro lógico.

Ao sustentar que a análise não é dedutiva nem um movimento descendente, mas um movimento ascendente de busca de antecedentes, Cornford interpreta a frase de Pappus διά των εξήs ακόλουθων (através de suas sucessivas conseqüências) com ênfase excessiva na palavra εξηs (sucessivas), e, assim ακόλουθων lhe parece, então, como *conseqüência* no sentido temporal e não lógico.

É preciso, todavia, levar em conta o que Pappus diz adiante em seu relato: *Se, na análise, é alcançado*

[105] Robinson, R. {1983}, 4, p. 10. São citadas proposições geométricas tratadas pelo método de análise no Segundo Livro de Arquimedes, *Da Esfera e do Cilindro*, e outras no próprio Pappus.
[106] Robinson, Robinson (1983), 4, p. 10. Robinson oferece, como exemplo, a demonstração da proposição XIII.1 de Euclides pelo método de análise-e-síntese.

algo que se admite como falso (ao invés de se alcançar algo verdadeiro), o que se pretende demonstrar é igualmente falso.

Assim, fica claro que, se a nossa seqüência de passos não é dedutiva na análise, mas apenas na síntese, nada garante - como estipula Pappus - que, ao se chegar a algo reconhecidamente falso, o que se assumiu como verdadeiro seja igualmente falso, uma vez que premissas falsas podem dar origem a conclusões verdadeiras.

Pode-se observar aqui que as criticas de Robinson a Cornford, não obstante bem fundamentadas, baseiam-se também em um pressuposto: a *unanimidade* da posição dos historiadores da matemática grega em relação ao método de análise. Esta unanimidade, como Robinson bem pôs em nota ao seu artigo em tela, foi por ele constatada em relação a Hankel, Cantor e Heath[107]. Verificando-se, todavia, certas passagens de Duhamel e Zeuthen[108], bem como a posição de Gulley, que será vista na seção seguinte, constata-se que, em alguns aspectos, a idéia geral que Cornford faz do método, encontra também respaldo em uma tradição considerável, inclusive na prática de diversos filósofos e cientistas como o caso de Bacon, Descartes, Newton e Kant, vistos no

[107] A nota de Robinson ({1983/4} p.5) é a seguinte: *Verifiquei essa afirmação nos casos de Hankel (Zur Geschichte de Mathematik in Alterthun and Mitteler, 1874, 137-149); Cantor (Geschichte der Mathematik, 2ª ed., i, 207 ss.). Nenhum desses três autores menciona qualquer ponto de vista discordante quanto ao que foi o método. A abordagem que se segue está baseada em suas afirmativas.*
[108] Veja-se Seção 1, deste Capítulo.

primeiro capítulo, cuja descrição bem se aproxima da visão de Cornford.

Por fim, resta-nos dizer que, em nossa opinião, embora Cornford se veja seriamente criticado por afirmar (1) que não se pode ter conseqüências lógicas primeiro em uma direção e, depois, em outra que lhe seja oposta e (2) que se a análise fosse dedutiva, a síntese refaria exatamente o mesmo caminho da análise em sentido inverso, essas suas afirmativas, que são facilmente rebatíveis, (pois de fato podemos ter também análise de proposições com conseqüências lógicas nas duas direções), não se seguem necessariamente da sua concepção de análise, mas da ênfase excessiva que se confere à análise dos passos proposicionais. E este aspecto será objeto de consideração no capítulo seguinte.

3- VISÃO PLURIMETODOLÓGICA: DIVERSIDADE METODOLÓGICA

Nesta seção, abordaremos a posição de Gulley por uma terceira interpretação ao método de análise, em face da concepção de Cornford e ao posicionamento de Robinson em favor da concepção tradicionalmente aceita.

Em seu artigo *Greek Geometrical Analysis*[109], Gulley, a exemplo dos demais estudiosos do assunto, se

[109] O artigo apareceu originalmente publicado em Phronesis 3/1958 pp. 1-14. A tradução da língua portuguesa – *A Análise Geométrica Grega* – é de Roberto Lima de Souza e se encontra publicada em *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* 4/1983, pp. 16-27.

propõe a considerar a questão da interpretação do método a partir do relato de Pappus.

Como vimos no Capitulo 2, Seção 3. *Dificuldades Básicas para a Interpretação da Análise*, o relato de Pappus pode ser dividido em três partes fundamentais: Na primeira (I), encontramos uma descrição Geral da análise, onde o método é apresentado estritamente como um movimento ascendente de busca de premissas. Na segunda (II), encontramos uma descrição da síntese como um processo dedutivo, complementar em direção oposta à da análise. Finalmente na terceira parte (III), temos uma descrição detalhada da análise nos seus dois tipos (análise teórica e análise de problema) como um movimento dedutivo a partir do que se pretende demonstrar, assumindo-o como verdadeiro.

Tendo em vista que a posição de Gulley parte da consideração de que as interpretações divergentes se fundam, cada uma delas a seu modo, nas descrições contidas nas partes (I) e (III)[110] do relato de Pappus, procuraremos, mais uma vez, transcrevê-las abaixo, para efeito de um melhor acompanhamento, aqui, da discussão.

> (I) A análise, então, toma o que é procurado como se fosse admitido e, a partir disso, através de suas sucessivas conseqüências, (διά των εξής ακόλουθων), passa para algo que se admite como ponto de partida da

[110] Gulley considera, em seu artigo, a descrição da análise (I) e a descrição de análise (II), as quais, em nossa divisão do texto de Pappus, se situam respectivamente nas partes (I) e (III).

síntese: pois, na análise, assumimos o que se procura como se isso (já) fosse dado (γέγονος), e investigamos algo de que provém, aquilo que o acarreta como resultado, e, novamente, qual a causa antecedente deste último e assim por diante, até que seja alcançada, pela retrodução dos nossos passos, alguma coisa, acima, já conhecida ou pertencente à classe dos primeiros princípios. A um tal método chamamos de análise como solução retrovertida.

....

....

(III) A análise, por sua vez, é de dois tipos: o primeiro é dirigido para a busca da verdade e se chama de análise teórica; o segundo se dirige para a descoberta do que estamos decididos a encontrar e se chama de análise de problema.

(1) Na análise teórica, assumimos o que se procura como se fosse existente e verdadeiro. Feito isso, passamos, através de suas sucessivas conseqüências (διά των εξής ακόλουθων), *como se elas fossem também verdadeiras e estabelecidas em virtude da nossa hipótese, para algo admitido: neste ponto, (a) se o*

> *que é admitido é verdadeiro, então o que é procurado será também verdadeiro, e a prova corresponderá ao caminho reverso da análise; mas (b) se o que é alcançado é algo reconhecidamente falso, o que se procura é igualmente falso.*
>
> *(2) Na análise de problema, assumimos o que é proposto como se fosse conhecido. Depois disso, passamos através de suas sucessivas conseqüências* (διά των εξῆs ακόλουθων), *tomando-as como verdadeiras, até chegarmos a algo admitido: Neste ponto, (a) se o que é admitido é possível e obtenível, isto é, se se trata do que os matemáticos chamam de dados, então o que era originalmente proposto será também possível, e a prova, novamente, corresponderá à ordem reversa da análise; mas (b) se chegarmos a algo reconhecidamente impossível, o problema será também impossível.*

Diante dessas duas descrições de análise, no mesmo relato, duas interpretações foram oferecidas: a concepção tradicionalmente aceita e a interpretação de Cornford. Gulley faz ver que a primeira interpretação se fundamente, sobretudo, na parte (III) do relato de Pappus, aceitando-a como a formulação correta da análise geométrica e explicando

(I) como uma mera forma alternativa de descrever (III). A segunda, ao contrário, fundamentando-se antes na parte (I) que é aceita como a formulação adequada do método, explica (III) como uma maneira de descrever (I). Em suma, cada concepção, por seu lado, procura conciliar (I) e (III) como se uma abordagem fosse uma forma alternativa de descrever a outra.

Para Gulley, no entanto, há um pressuposto comum a essas duas interpretações que pode estar sujeito a discussão. Esse pressuposto é o de que Pappus, em seu relato, descreve, tanto em (I) como em (III), e de forma perfeitamente consistente, um método que, excluindo-se todas as demais formas de análise, é o que foi denominado de análise geométrica.

De um lado, temos uma interpretação que pressupõe ser a análise sempre dedutiva; do outro, a concepção que exclui a dedutibilidade como procedimento da análise.

Claro está que, postas nestes termos, as duas interpretações são incompatíveis e que Cornford, ao conceber a análise exclusivamente como não-dedutiva *por ser impossível conseqüências lógicas nas duas direções*, não se apercebeu dessa possibilidade no caso de as implicações serem recíprocas. Assim, a partir dessas duas interpretações, somos levados a concluir que Pappus, nas partes (I) e (III) do seu relato, apresenta abordagens da análise em que (a) ou apenas uma delas é correta e a outra confunde a análise geométrica como uma outra forma de análise, ou (b) ambas descrevem métodos reconhecidos pelos gregos como formas de análise geométrica.

A argumentação de Gulley vai no sentido de que, na realidade, Pappus descreve duas formas distintas do mesmo método. Sustentar tal ponto de vista, no entanto, só se torna possível à luz de evidências externas ao relato de Pappus em favor de uma ou de outra concepção, ou seja, verificando-se se ambas as abordagens repousem em tradições dignas de confiança. Para Gulley, não é difícil sustentar o que preconiza a concepção tradicionalmente aceita:

> *Aceito a concepção de que os gregos admitem uma forma de análise geométrica em que tanto a análise quanto a síntese eram estritamente dedutivas. Certamente não há, em qualquer descrição do método na antiguidade, nenhuma menção da condição essencial para que sua aplicação seja bem sucedida - a de que as implicações sejam, em cada passo, recíprocas. Mas, pelo menos, não resta dúvida de que os geômetras gregos estavam conscientes de que há um grande número de proposições geométricas que são conversíveis (veja-se Aristóteles, An. Post. 78a, 10-13; Proclo, In Eucl., Friedlein, pp. 72, 26ss., 252, 5ss.), como também é indubitável que eles praticavam um método de análise em que os passos eram, de fato,*

> *convertíveis, e que, antes da época de Pappus, havia uma formulação do método que representava a análise como sendo dedutiva*[111].

Desta forma, para defender o seu ponto de vista, resta *decidir se a tradição em que se baseia a abordagem (I) de Pappus é legítima ou não*[112]. Percorrendo um grande número de textos antigos em que há evidências em favor de uma forma de análise não-dedutiva[113], ou seja, um método de trabalhar em sentido inverso, da conclusão para as premissas, das quais se deduz essa conclusão, Gulley conclui que é principalmente em Aristóteles[114] que repousa o reconhecimento de uma forma de análise, empregada na geometria, correspondente à descrição (I) de Pappus, onde claramente a relação lógica entre premissas e conclusão é não-reversível.

Por outro lado, Gulley alude ainda que, além da análise geométrica, existe ainda a análise dialética e, recorrendo aos escritos de Themistus e Filopono, explica que a distinção entre ambas *não reside tanto na direção,* (ascendente ou descendente), mas na simplicidade de uma (análise geométrica) em confronto com a complexidade da outra (análise dialética).[115]

Zeuthen e Duhamel[116], embora não considerados por Gulley, apresentam a análise geométrica também como

---

111 Gulley, N. {1983}, 4, pp. 18-19.
112 Gulley, N. {1983}, 4, pp. 19.
113 Gulley, N. {1983}, 4, pp. 19-22. Notas: 3, 4, 5, 6, 7 e 9.
114 An. Pr. 46, 40ss.; An Pr. I, 7, 15-18; An. Pr. I, 5, 27-31; An. Post. I, 319, 18ss.; An. Post. 94a 28-35.
115 Gulley, N. {1983}, 4, p.25.
116 Veja-se Seção 1, deste Capítulo.

movimento não-dedutivo. A diferença entre eles e Cornford é que para este último a análise é exclusivamente não-dedutiva. Assim, a posição de Gulley já fora, de certa forma, compartilhada anteriormente. No entanto, em relação ao relato de Pappus, Gulley chega a conclusões particulares, que fazem parte da sua terceira interpretação.

Para Gulley, embora Pappus, em seu relato, aparentemente esteja descrevendo um único método, como um único conjunto de regras, na realidade está reproduzindo duas abordagens diferentes da análise geométrica, as quais correspondem às duas formas distintas do método, e está supondo a equivalência das duas, em (I) e (III), para todos os casos de análise, sem se dar conta das inconsistências envolvidas nessa sua suposição.

> *Escapou a Pappus que (I) é uma formulação correta para os casos em que (III) é uma formulação incorreta. A própria forma de sua descrição sugere que esta é composta de duas descrições distintas do método. A uma afirmativa inicial do que a análise é uma passagem através das sucessivas conseqüências de uma pressuposição inicial, seguem-se duas descrições, a primeira mais geral e a segunda dividindo-se em análise teórica e análise de*

> *problema. Mas cada descrição é perfeitamente auto-consistente*[117].

Como vemos, dizer que Pappus oferece duas abordagens da análise que correspondem a duas formas distintas do método, implica em assumir uma inconsistência no seu relato. Para Hintikka[118], aí reside a inconveniência dessa terceira interpretação. Lançar contra Pappus uma acusação dessa ordem parece bastante forte, principalmente se considerarmos que, além de geômetra e matemático, Pappus foi um exímio praticante do método. Para solucionar este problema decorrente da interpretação gulleyana, Hintikka, como veremos na seção seguinte, procurará investigar também a significação do termo ακόλουθον empregado por Pappus.

Ainda em relação a este problema, chama-nos atenção o fato de que Zeuthen e Duhamel e, em especial este último, tenham tratado da análise, seja como um processo dedutivo, seja como processo não dedutivo, sem, contudo, disso inferir a inconsistência da descrição de Pappus. É que esses autores, por considerarem que a análise como movimento ascendente e não-dedutivo não seja propriamente um método, são de opinião que Pappus, em seu relato, descreve apenas um método, a análise geométrica enquanto um procedimento dedutivo, à luz da concepção tradicional.

---

117 Gulley, N. {1983}, 4, p. 27.
118 Hintikka, J. & Remes, U. {1984}, p. 13. Este ponto será retomado na conclusão no contexto Feyerabend x método de Galileu.

Outro ponto na interpretação de Gulley que certamente está sujeito à discussão é a questão de se saber em que tipo de análise se aplica a dedutibilidade, ou se as duas formas - a dedutiva e a não-dedutiva - são estanques ou não. Com isso, pretendemos explicitar que a interpretação de Gulley, segundo nos parece, secciona, de forma definitiva, para um lado a análise como processo dedutivo e, para outro, como processo não-dedutivo. Este ponto se ressalta ainda mais se atentarmos que, mesmo na concepção tradicionalmente aceita que defende a análise como processo dedutivo, e, para ser mais incisivo, em Heath que é tido como um dos seus mais legítimos representantes, admite-se - embora com certas cautelas - a não reversibilidade incondicional de alguns passos da análise.

Levantados estes problemas, concluímos esta seção, a última deste capitulo, sumarizando a posição de Gulley:

a) O relato de Pappus trata de duas formas distintas do método, e disso decorre;

b) que a análise pode ser identificada ora como um movimento ascendente, ora como um movimento descendente;

c) que há uma forma de análise que é dedutiva e, outra não-dedutiva e

d) que, no caso de a análise ser dedutiva, a reciprocidade das proposições é condição do método, mas, em caso contrário, não há necessidade de tal estipulação.

CAPÍTULO IV: ANÁLISE COMO ANÁLISE DE FIGURA: O SENTIDO INSTANCIAL E CONSTRUCIONAL E A RECUPERAÇÃO DO SIGNIFICADO HEURÍSTICO DA ANÁLISE

Abordaremos, neste capítulo, a concepção de Hintikka e Remes sobre o método de análise que grande contribuição ofereceu para a elucidação do método e recuperação do seu verdadeiro significado heurístico.

Em um primeiro momento (Seção I), será feita uma retomada do problema direcional da análise onde, à luz das recentes discussões, se procurará examinar o que se encontra na base deste problema, gerado pelo relato de Pappus, bem como alguns dos seus aspectos que ou não foram anteriormente considerados ou parecem merecer uma nova compreensão.

Na Seção 2, será vista a estrutura lógica do sistema analítico, tendo como ponto de partida a chamada concepção instancial. Merecerá destaque, aí, o movimento ascendente, como característico da análise, mas sistematizável na estrutura do método que é enfocado numa perspectiva heurística. Seguindo os passos de Hintikka, ofereceremos exemplo de como a lógica moderna contribui para a elucidação do problema.

Por fim, na última seção, será visto o sentido construcional da análise como desdobramento e complemento da visão instancial. Serão feitas indicações de exemplos (apresentados no apêndice final) como forma de evidenciar a prática pappusiana do método. Finalmente, será discutida a consistência do relato de Pappus à luz da concepção de Hintikka e Remes.

4.1- Considerações Sobre o Problema Direcional da Análise:

Conforme vimos nos Capítulos II e III, entre os diversos problemas suscitados pelo relato de Pappus, surge o conhecido problema direcional da análise, ao qual grande ênfase tem sido dada.

Tanto na idade média, como ainda em grande parte da literatura mais recente, a análise tem sido identificada simplesmente como um movimento *contra a corrente,* ou seja, como um movimento em direção contrária à das implicações lógicas, enquanto que a síntese tem sido vista como um movimento *a favor da corrente,* acompanhando a direção das inferências lógicas. Por outro lado, a partir da concepção, com ampla influência, de que a análise seja um movimento estritamente dedutivo (descendente), toda essa velha tradição que concebe a análise como um movimento retrodutivo, um método de trabalhar *para trás,* pareceu carecer de uma reinterpretação. Todavia, nos termos em que esta foi, até aqui, empreendida, ou se vê comprometido o verdadeiro sentido direcional da análise ou, quando não, chega-se a conseqüências que afetam, do ponto de vista lógico, a estrutura da análise-síntese ou, ainda, a consistência do relato de Pappus em que ambas as abordagens buscam respaldo.

Para os que sustentam a idéia de análise como movimento descendente, essas duas abordagens podem facilmente coexistir ali, desde que se assuma que Pappus imaginava todos os passos da análise como passos de dedução que são convertíveis (mais equivalências que implicações), e este lhes parece ser o único refúgio possível. Já quem concebe a análise como um movimento genuinamente ascendente de busca de premissas, parece esbarrar em sérios problemas lógicos, e esta tem sido uma das principais críticas a essa concepção, como foi visto no capítulo precedente.

Em suma, o problema tem sido tratado sob a ótica de se saber, afinal de contas, a) se na análise são extraídas conseqüências lógicas do que é assumido como verdadeiro (o que se deseja provar) ou b) se, pelo contrário, são aí investigadas premissas (antecedentes) de que se possa seguir a conclusão desejada. No primeiro caso, (a) teríamos a análise - em si - como movimento descendente, mas que se poderia considerar *como* ascendente, em relação à síntese complementar. No segundo caso, (b) teríamos a análise - em si - como um movimento genuinamente ascendente, um método de trabalhar para trás. Como percebemos, então, o que se encontra, na base deste problema, é o fato de se conceber a direção da análise enquanto comparado à direção de conseqüências lógicas.

Inegavelmente, este aspecto do método de análise tem merecido uma maior atenção de quantos se tenham dedicado a estudá-lo, em confronto com outros problemas lógicos e filosóficos suscetíveis de um cuidadoso exame, a partir, igualmente, do relato de Pappus. Mas, embora não seja este o mais importante aspecto do método, há sérias razões para uma retomada do problema direcional em Pappus. Uma delas é o fato de que os partidários do aspecto direcional, ou seja, os que discutem o método sob a ótica da direção dos seus passos, deixaram de lado certos fatores básicos para a compreensão do verdadeiro problema direcional. Além disso, as dificuldades apontadas nessas suas discussões só poderão ser completamente resolvidas, segundo Hintikka e Remes,[119] quando forem esclarecidos outros aspectos do método como veremos nas seções seguintes. Uma outra razão, a mais importante, é que o relato de Pappus, até o ponto em que foi tratado na última abordagem que mereceu dentro da ótica direcional, pareceu revelar-se autocontraditório. Esta autocontradição, para Hintikka e Remes, resulta de uma má compreensão da terminologia pappusiana:

> *Se o que acontece, na análise, é uma passagem do resultado desejado para as suas conseqüências (conforme τά* ακόλουθα *é usualmente traduzido), como, então, inverter,*

[119] Veja-se Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 11 e Hintikka, J. {1973}, pp. 201-202.

subseqüentemente, o processo é, ainda assim, obter uma série de conclusões válidas, conforme sugere a descrição de síntese oferecida por Pappus? Se P implica Q, não é usualmente verdadeiro Q implique P; Todavia é isto que a terminologia de Pappus entendida como conseqüências parece pressupor.

Como se percebe, então, deve haver uma má compreensão da frase διά ιων εξῆs ακόλουθων (através de suas sucessivas conseqüências).

Na tentativa de resolver o impasse entre a concepção tradicionalmente aceita e a posição de Cornford, Gulley, como foi visto no capítulo anterior, investigou evidências externas ao relato de Pappus que apoiassem também a concepção da análise como um movimento ascendente e não dedutivo. O inconveniente, porém, é que, tendo sido apontadas tais evidências, a sua conclusão foi a de que Pappus, embora aparentemente apresente um único método com um único conjunto de regras, está, na realidade reproduzindo duas abordagens distintas da análise geométrica, correspondentes às duas diferentes formas do método e está supondo a equivalência das duas sem se dar conta da inconsistência envolvida nessa sua suposição.

Para Hintikka e Remes, esta interpretação Gulleyana peca pelo fato de não poder reconciliar as diferentes partes da descrição de Pappus,[120] e o preço pago pela interpretação externalista foi o de ter que incriminá-lo por inconsistência. Desta forma, considerando-se que esta interpretação pode, à primeira vista, favorecer muito mais uma das partes - a que defende a análise como um movimento ascendente - e levando-se em conta que não há nenhuma evidência interna de qualquer confusão cometida por Pappus, uma causa movida contra a concepção tradicional da análise seria mais convincente se pudesse absolvê-lo desta acusação de inconsistência em seu relato. E, de fato, fundamentos para tal absolvição podem ser investigados.

A primeira dificuldade para isso são aqueles enunciados cruciais do relato de Pappus em que ele parece, quase que textualmente, afirmar que a análise é a passagem da conclusão esperada para as suas conseqüências. Tais enunciados são entendidos, pela maioria dos comentaristas recentes em seu valor nominal, isto é, no sentido que se convencionou lhes atribuir, e não literalmente, no seu sentido real. Em razão disso, criou-se o problema de reconciliá-los com os enunciados igualmente explícitos no mesmo relato, em que a análise e descrita como um movimento ascendente, da conclusão esperada para as premissas das quais se segue.

Para Hintikka e Remes, todavia, inexiste o problema real desta compatibilização, pois os

[120] A posição de Gulley se encontra discutida no Cap. III, Seção 3.

enunciados cruciais não significam o que, recentemente, os comentaristas entenderam significar, e isto pode ser mostrado por um estado da terminologia de Pappus. Uma investigação neste sentido poderá não só evidenciar, de uma forma interna ao seu relato, a análise como um movimento ascendente, *como* também a inexistência, aí, de qualquer inconsistência de que Pappus não se dera conta.

Nesses enunciados que parecem favorecer a idéia da análise como um movimento descendente, os termos que têm sido entendidos geralmente como conseqüência lógica são akólouthein (ακόλουθειυ) e akólouthon (ακόλουθον). É importante observar que tais termos são sempre usados por Pappus quando ele está falando do percurso que parte da conclusão desejada para as premissas e nunca quando descreve o caminho reverso das premissas para a conclusão que se pretende estabelecer. Aí, em lugar destes, são empregados termos como apódeixis (απόδειξις) hepómena (επόμευα) e symbáinein (συμβαίνειυ). [121]

Esta duplicidade de terminologia já pode sugerir uma via de reconciliação entre as duas partes do relato. O que Hintikka e Remes sugerem, então, é que akólouthein na descrição pappusiana da análise, não significa conseqüência lógica, mas algo, além disso, como *o que corresponde a,* ou melhor, *o que vai juntamente com.* E, assim, no relato de Pappus, akólouthon expressa uma certa concomitância

[121] O texto do relato de Pappus, no original grego e com versão em língua inglesa, é apresentada por Hintikka e Remes in {1974}, pp. 8-10.

estabelecida da conclusão para as premissas, de forma que *o que vai juntamente com* essas premissas possibilita deduzir, a partir delas, a conclusão esperada. Em razão disso, o termo tò akólouthо é traduzido por Hintikka e Remes como *a concomitância* ou *o concomitante* em vez de *conseqüência*.

Abrindo-se, aqui, um parêntese, é interessante observar que, na nossa língua portuguesa que tantos vocábulos possui de origem grega, vamos encontrar também uma evidência etimológica em favor dessa interpretação de Hintikka e Remes. Assim, por exemplo, a palavra *anacoluto* é empregada para designar *figura de sintaxe em que um termo se acha como que solto na proposição, sem se ligar sintaticamente a outro.* Etimologicamente, então, *anacoluto* provém de *an* (ausência, negação) e *akólouthon* (ligação sintática, *o que vai juntamente com, concomitância* inter-relação). Na proposição: "*O mar, não há beleza que se lhe compare*", por exemplo, o termo o "*mar*" não possui nenhuma função sintática: não é sujeito, nem objeto direto, nem indireto, nem aposto, nem vocativo, etc. mas um anacoluto. O que ocorre em proposições como esta é uma quebra da construção sintática. Talvez, no caso, tenha-se imaginado originariamente uma construção fraseológica como *O mar é de beleza incomparável* ou *Não há beleza que se compare à do mar,* mas, dada à rapidez do processo mental, a verbalização tenha se feito, por um lapso, de forma anacolútica. Outro exemplo mais simples é o vocábulo "acólito" que significa exatamente "o que acompanha". É com este sentido que a palavra *acólito* é empregada para designar o ajudante do sacerdote que o acompanha e o auxilia nas funções religiosas.

Assim como um termo, toda uma proposição pode se constituir igualmente em um anacoluto em relação ao restante do período, quando - principalmente na linguagem falada - o pensamento, não completamente explicitado é, a partir de uma frase reticente, retomado nas proposições seguintes que possuem nexo lógico, em um sentido amplo do termo. Agora, é comum, também, associar-se ligação sintática a uma relação lógica por uma certa extensão do termo. Desta forma é comum, gramaticamente falando, referir-se a uma análise sintática como análise lógica. Claro está que entre proposições que possuem entre si uma relação de conseqüência lógica, no sentido exato do termo, se estabelece *a fortiori* uma relação sintática. Obviamente, porém, pode haver relação sintática entre proposições sem que isto represente uma relação de conseqüência lógica (uma como conseqüência da outra).

Mas fechemos o nosso parêntese e voltemos a Hintikka e Remes. Após investigarem o sentido de *akólouthon* em passagens de Platão e Aristóteles que também favorecem a sua interpretação,[122] chegam a uma outra passagem do próprio Pappus em que aparece o termo crucial, e que é importante peça na sua argumentação.

---

[122] Veja-se Hintikka, J. Remes, U. {1974}, pp. 13-14.

Em Hultsch 30, linhas 9-11, pode-se ler (a tradução é de Ivor Thomas):

Ò μευ ουν το θεωρημα
προτειυων συνιδων οντινουν
ηρότον τὸ ὀκόλουθον τούτω
αξιοί δητειυ καὶ ουχ
αν αλλως υδιως προτειυοι...

Portanto, quem propõe um teorema, não importando como se tornou sabedor disso, deve estabelecer para a investigação a conclusão inerente nas premissas, e de nenhuma outra forma poderia ele corretamente propor o teorema...[123]

Se reconstruirmos, a partir das observações de Hintikka e Remes, a tradução de Ivor Thomas que eles consideram se afastar um pouco do sentido literal, teremos, então, o texto da seguinte forma:

> *Portanto, quem propõe um teorema, não importando como disso se tornou sabedor, deve determinar que se investigue "o que vai juntamente com" o teorema (a conclusão) nos axiomas (ἄξιοι), e de nenhuma outra forma poderia ele propor corretamente o teorema.*

[123] Hintikka, J. Remes, U. {1974}, p. 14 (trecho citado com tradução nossa).

Vê-se, assim, que a palavra crucial *akólouthon* *(ακόλουθον)* não poderia aqui, por qualquer excesso de imaginação, significar conseqüência lógica,

> *Porque qualquer teorema aceitável não implica qualquer axioma ou qualquer parte destacável de um axioma. E o mais importante é que a descoberta de um axioma implicado pelo teorema não poderia por si estabelecer corretamente o teorema. Todavia Pappus afirma que 'de nenhuma outra forma se poderia propor corretamente o teorema'.*

Assim sendo, uma interpretação dessa passagem que tenha sentido deverá entender *tò aκólouthon (τò ακόλουθον)* como o *"concomitante"* ou *"o que vai juntamente* com" o teorema nos axiomas. E um raciocínio conduzido nessa direção não é (para os antigos matemáticos) - acrescenta Hintikka e Remes - nem uma forma estranha, nem antinatural de encarar provas matemáticas.

Finalmente, uma outra evidência em favor dessa interpretação vai ser encontrada internamente no relato de Pappus, quando ele descreve a análise teórica. Vejamos, mais uma vez, a passagem:

> *(...) Na análise teórica, assumimos o que se procura como se*

> *isso fosse existente e verdadeiro. Feito isto, passamos através de seus concomitantes (ακόλουθωυ), como se fossem verdadeiros e existentes em virtude da nossa hipótese, para algo admitido (...).*

Se a palavra *akólouthon* significasse, aí, *conseqüências* (dedutivas) e não *concomitantes,* seria desnecessário apelar para que as conseqüências fossem também assumidas *como verdadeiras e existentes em virtude da nossa hipótese* (seja qual for o sentido do termo), pois já era conhecido por Aristóteles que a inferência dedutiva preserva a verdade. Assim, seria suficiente descrever a análise teórica nos seguintes termos:

> (...) *Na análise teórica, assumimos o que se procura como se fosse existente e verdadeiro. Feito isto, passamos, através de suas sucessivas conseqüências (...), para algo admitido* (...).

Diversas outras evidências são aduzidas ainda em favor dessa interpretação,[124] e uma vez que seja reconhecido o verdadeiro sentido da terminologia *akólouthein (ακόλουθειυ),* em Pappus, descarta-se a análise como um movimento em si descendente e, o que é

[124] Em especial, são citados Nicomachus de Gerara, Introduction to Aritmetic, tradução de M. L. D'Doge, MacMillan Company, N. York, 1926, p. 291, On αχολόνθος; J. W. Stakelum, *Galen and the Logic of Propositions*, Angelicum, Roma, 1940, pp. 72-79.

principal, supera-se, em alto grau, a pressuposta autocontradição apontada por Gulley no relato de Pappus.

No entanto, mesmo depois de removida a principal razão dessa suposta inconsistência, outras questões permanecem. Referimo-nos principalmente às últimas linhas, no relato de Pappus, que encerram, respectivamente, a descrição da análise teórica e a descrição da análise de problemas, que, aparentemente, podem contradizer a interpretação de Hintikka e Remes. Ali se encontram, pois, as seguintes assertivas: (1) *Mas se nos deparamos com algo reconhecidamente falso, o que se procura será igualmente falso* e (2) *Mas se chegarmos a algo reconhecidamente impossível, o problema será igualmente impossível.*

Com estes enunciados, parece suposto por Pappus que a verdade (no caso da análise teórica) ou a possibilidade (no caso de análise de problema) do que é admitido independentemente como verdadeiro, fosse uma conseqüência do que, de fato, se procura; e, essa suposição nos levaria, então, a considerar ou a interpretação da análise como um movimento descendente, o que já foi descartado, ou, de outra forma, a pressupor a reversibilidade da análise.

Na realidade, essa dualidade metodológica, tal como descrita por Pappus, *se* constitui em um obstáculo para uma interpretação simples do método. Trata-se, aí, de fato, não de uma descrição da análise, como um método isolado, mas de um método de *análise-e-síntese*, cujas partes integrantes não podem, sob pena de descaracterização do verdadeiro método, ser imaginadas separadamente.

Em cuidadoso estudo empreendido por Brunschvicg sobre a regressão analítica, vamos encontrar uma passagem que bem parece expressar uma concordância com o ponto de vista de Hintikka e Remes, e estabelecer, como sustentáculo para a concepção da análise como um movimento ascendente, a sua insuficiência como método isolado. Vejamos a passagem:

> *Esta análise (geométrica), diferentemente da análise dos modernos, não é auto-suficiente, pois os antigos estão situados, não no terreno da álgebra, onde as proposições são expressas em geral por equações e são recíprocas, mas sobre o terreno da geometria onde elas são, de forma usual, hierarquicamente ordenadas. Estabelecer que, sendo B verdadeira, A é verdadeira, não significa demonstrar que a verdade de A implique a verdade de B.*[125]

Assim, a análise não é um método estanque, tanto isso é verdade que, mesmo se adotássemos literalmente a caracterização geral que Pappus oferece para o método, como foi interpretada até aqui por Hintikka e Remes,

[125] Brunschvicg, L. {1947}, p. 54 (trecho citado com tradução nossa).

nenhuma síntese seria mais necessária para complementar o trabalho da análise, pois uma vez descoberta uma premissa a partir da conclusão desejada desde que esta seja conectada a outras mais até que se chegasse nessa subida, a teoremas anteriores ou axiomas, nenhuma justificação posterior seria então requerida. Esta consideração leva Hintikka e Remes a reconhecer a insuficiência desse seu exame:

> *Portanto a nossa interpretação da análise pappusiana como um movimento ascendente, embora fortemente sustentada por um estudo rigoroso da evidência, não pode ser exatamente a história total.*[126]

Assim sendo, algo mais deve ser acrescido em favor da idéia de reversibilidade. Reconhecendo-se, embora, que *akólouthein* não era para Pappus um termo técnico, a simetria da relação que é por ele expressa, revela que o seu uso em Pappus não é incompatível com a idéia de reversibilidade dos passos da análise, e considerações adicionais neste sentido serão feitas na seção seguinte *A Estrutura Lógica do Sistema Analítico.*

Ao que parece, então, o relato de Pappus reflete muito mais a situação lógica geral, onde a análise significa - na ótica direcional - basicamente um procedimento ascendente, do que a efetiva prática geométrica, onde a operacionalização tende a enfatizar

---

[126] Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 17 (trecho citado com tradução nossa).

o movimento descendente e o problema da reversibilidade. Mas, como veremos adiante isso não significa dizer que, na prática geométrica, cada passo da análise pudesse ter como certa a sua reversibilidade desde o início. Essa convertibilidade que era apenas esperada na fase da análise deveria ser provada na síntese subseqüente. Eis por que, novamente, tem-se que considerar análise e síntese, conforme concebiam os gregos, *como duas metades de um único método e não como dois métodos separados.*

Isto posto, e à parte alguns problemas que ainda serão discutidos, o aspecto direcional da análise, a descrição de Pappus assume um sentido razoável. Resta-nos, agora, explicitar por que, para Hintikka e Remes, o genérico problema da direção da análise não possui relação alguma com a questão das *fontes objetivas de valor heurístico do método de análise*. Este é um aspecto que não parece ter sido muito bem compreendido em quase todas as abordagens que foram dadas ao método e que em razão disso, é merecedor de um maior destaque.

Estende-se, freqüentemente, que a análise enquanto procedimento descendente ou dedutivo é um processo cujas regras podem ser estabelecidas objetivamente, ao passo que, enquanto movimento ascendente, longe de ser racionalmente normatizável, deve, ser considerada como objeto da *intuição* ou *adivinhação,* conforme se expressa Robinson em sua crítica a Cornford.[127] Constatamos, contudo, que esta idéia pode ser encontrada bem antes em Paul Tannery, quando expõe, em suas *Memórias Científicas*,[128] duas formas de análise, a análise porística e a análise zetética. Para Tannery, a análise porística, empregada pelos antigos geômetras gregos, consiste na busca de demonstrações rigorosas para fórmulas práticas e enunciados imediatamente fornecidos à intuição, mas não chega a ser um método, no sentido de que não se presta a uma sistematização própria dos procedimentos metodológicos. A análise zetética, que é o procedimento fundamental do método analítico moderno, tem como objeto a invenção de soluções, (ou proposições equivalentes).

Essa tese contrária à possibilidade de normatização da análise, enquanto movimento ascendente, não é compartilhado por Hintikka e Remes que, em relação a essa questão, assim se expressam:

> *As regras que nos dizem quando uma suposta conclusão C de fato se segue dedutivamente da premissa conhecida A ou de outro conjunto de premissas A, B, ..., também funcionam no caminho de volta, dizendo-nos se uma suposta premissa A ou um conjunto finito de supostas premissas A, B, ..., de fato acarretam uma dada*

[127] A posição de Cornford se encontra discutida no Cap. III, Seção 2..
[128] Veja-se Tannery, Paul {1915}, p. 163 e seguintes.

> *conclusão C. Visto que não há nenhuma outra razão objetiva que se apresente para uma assimetria entre as duas direções, pode-se, portanto, proceder 'contra a corrente' por meio do mesmo esquema que nos mostra como proceder 'a favor da corrente'. (Em particular, nenhuma preferência aqui pode se basear em termos numéricos, pois da mesma forma como uma dada proposição acarreta diversas outras, também ela mesma pode ser inferida de diversas outras).*[129]

Conseqüentemente, desde que as regras lógicas para o caminho ascendente são as mesmas para o procedimento descendente, fica demonstrado que o aspecto direcional da análise não tem grande significação em termos de um maior ou menor proveito do ponto de vista heurístico. Desta forma, não se pode considerar que uma certa direção (ascendente ou descendente) seja mais condutiva que outra no sentido de propiciar a descoberta de lemas a que se possa reduzir o resultado almejado. Naturalmente que uma distinção pode ser estabelecida em termos de familiaridade para o matemático, e, assim, o procedimento descendente se revela mais usual. Esta

[129] Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 18-19 (trecho citado com tradução nossa).

distinção, no entanto, não pode ser considerada uma diferença objetiva.

Para Hintikka e Remes, então a questão da direção da análise é um dos aspectos mais superficiais do conceito de análise e síntese, e a ênfase que lhe tem sido dada é freqüentemente um indício de que os elementos mais sutis e profundos do método, inclusive o papel das construções auxiliares, estão sendo subestimados.

Desta forma, além de um estudo sobre a lógica do método de análise, faz-se necessário, ainda, empreender uma investigação do aspecto construcional da análise, onde, apesar de se revelar uma certa *incerteza* do método, revela-se também a verdadeira fonte do seu poder heurístico. E isso veremos nas seções seguintes.

2 - A Concepção Instancial e a Estrutura Lógica do Sistema Analítico

Podemos perceber, pelo exposto na seção precedente, o quanto é linear, simplificada e dicotômica a concepção direcional da análise. Agora, introduzindo a nossa abordagem do tema central desta seção que é a reconstituição da estrutura lógica do método analítico empreendida por Hintikka e Remes, reportemo-nos, em primeiro lugar, à concepção desses autores, segundo a qual o objeto da análise geométrica é principalmente a figura e não a passagem dedutiva dos axiomas para o teorema a ser provado ou, no caso de problemas, para as construções que se pretende executar.

Quando o que se analisa vem a ser os passos entre as proposições que possibilitam essas passagens e não a figura, dá-se ênfase à análise da prova, denominada por Hintikka e Remes de interpretação proposicional, que é também uma conseqüência do destaque concedido ao aspecto direcional. Embora, em princípio, seja possível assim considerar o método de análise, o privilégio concedido a esse enfoque obnubilou a compreensão da verdadeira prática dos geômetras gregos e, como vimos anteriormente, também o sentido da sua terminologia.

Em confronto com essa interpretação proposicional, Hintikka e Remes apresentam a sua interpretação instancial que faz parte da concepção da análise como análise de figura. Nesta visão, o objeto da análise é, em verdade, a figura geométrica em relação à qual se busca provar (no caso da análise teórica) o teorema desejado ou se exemplificar, (no caso da análise de problema) os diversos passos que conduzem à construção pretendida. Assim, dentro desta concepção o que se analisa são os componentes dos objetos geométricos nas suas inter-relações e interdependências relevantes para a prova do teorema ou para a solução do problema. Por conseguinte, os passos da análise - sem importar a direção da relação de conseqüência lógica - não nos levam de uma proposição para outra, mas de um objeto geométrico, com um certo número de configurações, para outro.

Em uma formulação da interpretação instancial em termos da lógica elementar, um teorema é tipicamente uma implicação geral, ou seja, uma implicação da forma:

(1): $\forall x_1, \ldots, \forall x_k \; (\mathcal{A} \; (x_1, \ldots, x_k) \rightarrow \mathcal{B} \; (x_1, \ldots, x_k) \;)$,

onde $\mathcal{A}$ e $\mathcal{B}$ podem ser ainda expressões mais complexas.

No caso de problemas, estando lidando, de fato, com proposições da forma:

(2): $\forall x_1, \ldots, \forall x_k (\mathcal{A}(x_1, \ldots, x_k) \rightarrow \exists y_1, \ldots, \exists y_m \; C \; (x_1, \ldots, x_k, \; y_1, \ldots, y_m))$

Sabendo-se que o primeiro passo em uma proposição euclidiana é uma *ek-thésis*, ou seja, a *exposição* ou *explicitação* do teorema geral a ser provado, isto equivale a dizer que, a partir de um enunciado concernente a qualquer triângulo, qualquer círculo ou qualquer configuração geométrica de um certo tipo, aparentemente nos inclinamos para o que se procura articular dessas configurações que, normalmente, são assumidas para serem, na realidade, inferidas. E por referência ao que a figura representa, é que o resto do argumento é explicitado. Em Pappus, o teorema já se dá de uma forma previamente exposta e, assim, normalmente a enunciação geral é omitida.

Todavia, a *ek-thésis* admite uma caracterização em termos da lógica abstrata. Desta forma, uma *ek-thésis*, em termos da lógica moderna, importa em um passo de instanciação. E o que ocorre é que partimos da implicação geral (1) para considerar instanciadas (variáveis livres) as expressões '$\mathcal{A}$ (a_1, ..., a_k)' e '$\mathcal{B}$ (a_1,...,a_k)'. Aqui, intuitivamente falando, a_1,...,a_k representam as entidades geométricas (indeterminadas) de que fala o teorema (por exemplo linhas, círculos, etc.) e que estão representadas na figura que ilustra o teorema. O que se vai tentar descobrir não é tanto uma prova de (1) a partir de axiomas anteriores, mas uma prova de '$\mathcal{B}$ (a_1,..., a_k)' a partir de '$\mathcal{A}$(a_1,..., a_k)'. Em uma análise, se está interessado principalmente na interligação destes intervalos, partindo da última parte aceita, isto é, de '$\mathcal{B}$ (a_1,..., a_k)'. O que importa essencialmente não é tanto se saber se estamos extraindo conclusões de $\mathcal{B}$ ou procurando descobrir premissas a partir das quais juntamente com '$\mathcal{A}$', '$\mathcal{B}$' possa ser inferido, mas o fato de que a força lógica de '$\mathcal{B}$' - o que ele diz de certos tipos de configurações geométricas - é também levada em conta para a realização desta tarefa.

Para ilustrar a concepção instancial, tomemos o caso de um teorema. Esse teorema deverá, pois, possuir a estrutura da formulação (1) prognosticada por Hintikka e Remes. Tomemos como exemplo a proposição 1.15 dos elementos de Euclídes *Se duas retas se cortam, então elas formam ângulos opostos pelo vértice iguais.*

Adotemos, agora, a seguinte interpretação I - (1):

$\mathcal{D}$ (domínio) ... conjunto de retas e ângulos

C_2 ... a reta [1] corta a reta [2]

F_3 ... as retas [1] e [2] formam o ângulo [3]

O_2 ... o ângulo [1] é oposto pelo vértice ao ângulo [2].

A igualdade será expressa pelo símbolo usual, e assim estaremos em uma lógica de primeira ordem com igualdade.

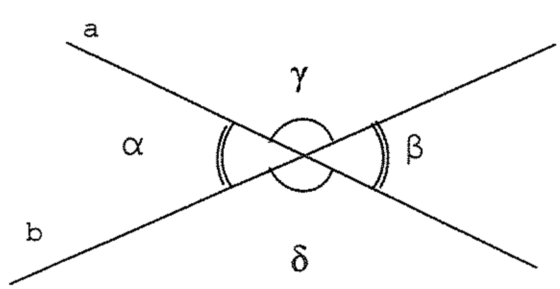
A partir de I-(1), verificamos que a proposição 1.15 assume a seguinte formulação:

$$\forall x_1,\ldots,\forall x_k)((C_2\ (x_1,\ x_2)\ \wedge\ (F^3\ (x_1,\ x_2,\ x_3)\ \wedge\ F^3\ (x_1,\ x_2,\ x_4)\ \wedge\ F^3\ (x_1,\ x_2,\ x_5)\ \wedge\ (F^3\ (x_1,\ x_2,\ x_6))\ \wedge\ (O^2\ (x_3,\ x_4)\ \wedge\ O^2\ (x_5,\ x_6)))\ \rightarrow((x_3 = x_4)\ \wedge\ (x_5\ =\ x_6\ )))$$

que possui a mesma estrutura da formulação (1):

$$\forall x_1,\ldots,\forall x_k\ (\mathcal{A}\ (x_1,\ldots,x_k)\ \rightarrow\ \mathcal{B}\ (x_1,\ldots,x_k)\ ).$$

Instanciando-se a nossa formulação, digamos que x_1 seja a reta '*a*' e x_2, a reta 'b'; x_3 seja o ângulo α, x_4 seja β, x_5 seja λ e x_6 δ. Teremos, então, a figura que é expressa pelo antecedente, que é a nossa parte A, como se segue:



Neste caso, C^2 diz de '*a*' e '*b*' que elas se cortam; F^3 afirma que '*a*' e '*b*' formam os ângulos α, β, γ, e δ. O^2 nos diz que α é oposto pelo vértice a β, e γ a δ.

Vejamos, então, a prova da proposição 1.15 de acordo com a interpretação instancial.

<u>Análise:</u>

1. Assumimos, por hipótese, a primeira parte da nossa implicação ($\mathcal{A}$), ou seja, que '*a*' e 'b' se cortam e formam os ângulos opostos pelo vértice α e β e λ e δ, e devemos provar, então, que '$\alpha = \beta$' e '$\gamma = \delta$' (que é a nossa parte $\mathcal{B}$).

2. Aqui, de fato, não sabemos que $\alpha = \beta$ e que $\gamma = \delta$, mas se assumirmos que isto seja verdadeiro, teremos que 1) $\alpha + \gamma = \beta + \gamma$, uma vez que a α e a β adicionamos o mesmo γ. (E de acordo com o axioma 2., *se quantidades iguais são adicionadas a quantidades iguais, os resultados permanecem iguais.)* Do mesmo modo, temos que 2) $\delta + \beta = \gamma + \beta$, uma vez que, nessa equação aos nossos ângulos opostos pelo vértice δ e γ, adicionamos o mesmo β.

3. Todavia, as nossas equações 1) $\alpha + \gamma = \beta + \gamma$ e 2) $\delta + \beta = \gamma + \beta$ de que poderiam provir? Verificamos pela figura (a nossa proposição instanciada - A) que $\alpha + \gamma$ repousa sobre a reta 'a' e que $\beta + \gamma$ repousa sobre a reta 'b' e que, assim, $\alpha + \gamma$ e $\beta + \gamma$ formam ângulos rasos. Do mesmo modo, $\delta + \beta$ e $\gamma + \beta$; Assim, $\alpha + \gamma$ é igual à soma de dois ângulos retos e, do mesmo modo, β +

γ que é o outro lado da equação. O mesmo se aplica a δ + β e $\gamma + \beta$; e isso decorre da proposição 1.13 (teorema anterior) que estabelece que *se uma linha reta forma com outra dois ângulos, elas formarão dois ângulos retos ou ângulos cuja soma é igual a dois ângulos retos.* Temos assim que 1) $\alpha + \gamma = \beta + \gamma$ e $\delta + \beta = \gamma + \beta$ são verdadeiros, de acordo com a proposição 1.13 que é independentemente conhecida como verdadeira. Aí, portanto, se encerra o trabalho da análise.

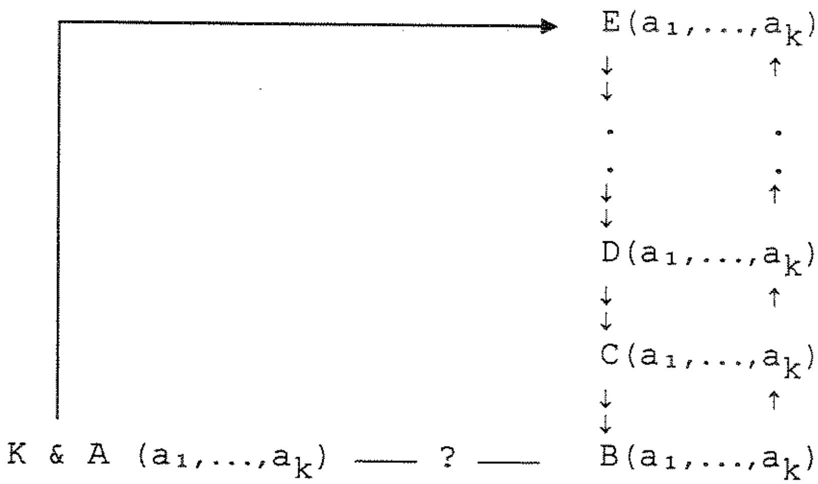
Síntese:

1. Uma vez que se uma linha reta forma com outra dois ângulos retos (R) ou ângulos cuja soma é igual a dois ângulos retos é uma proposição conhecida como verdadeira, portanto $\alpha + \gamma = 2R$, $\beta + \gamma = 2R$, $\delta + \beta = 2R$ e $\gamma + \beta = 2R$ e isso decore da instanciação da proposição 1,13, em termos da nossa figura.

2. Aplicando-se, agora, o axioma 1, que afirma que coisas iguais a uma mesma outra terceira são iguais entre si, temos então que $\alpha + \gamma = \beta + \gamma$ e que $\delta + \beta = \gamma + \beta$.

3. Uma vez que $\alpha + \gamma = \beta + \gamma$ são verdadeiras, então, se aplicarmos, agora, o axioma 3, segundo o qual *se quantidades iguais são subtraídas de quantidades iguais, os resultados são iguais,* teremos que $\alpha = \beta$, subtraindo-se γ a cada lado da igualdade. Do mesmo modo, de $\delta + \beta = \gamma + \beta$, e pelo mesmo axioma, subtraindo-se β de cada lado da igualdade , teremos que $\delta = \gamma$, Portanto, '$\alpha = \beta$' e '$\gamma = \delta$', como se queria demonstrar.

Isto posto, vejamos agora a estrutura lógica do sistema analítico na reconstituição de Hintikka e Remes Para isso, consideremos o gráfico 1, adiante, a partir do qual poderá ser visto até que ponto é possível entender a análise como um movimento descendente. O caminho ascendente, como típico da análise, é representado pelas setas simples " $\rightarrow$ " que indicam as conclusões (concomitâncias) inicialmente extraídas a partir de $\mathcal{B}$, levando-se em conta as informações de $\mathcal{A}$ e também de K, que representa uma conjunção de axiomas e teoremas anteriormente provados e adequados. As setas dúplices "$\rightarrow\rightarrow$" indicam as conseqüências (lógicas) que se espera eventualmente estabelecer na síntese e que se apóiam em $\mathcal{A}$ & K como suas premissas. Vejamos, pois, o gráfico (1):



À luz desse gráfico, podemos dizer, então, que as provas obtidas pelo antigo método analítico eram essencialmente o que os modernos lógicos chamam de provas por dedução natural.[130]

Seguindo os passos de Hintikka, vamos ilustrar esse tipo de inferência a partir de um exemplo bem simples, onde o mais importante é explicitar o tipo de raciocínio aí envolvido. Consideremos a sentença:

A) $\forall(x)\ ((A(x) \rightarrow B(x)) \wedge (D(x) \rightarrow A(x)) \wedge D(x)) \rightarrow B(x)$

que, de forma instanciada, pode ser representada como:

B) $((A(a) \rightarrow B(a)) \wedge (D(a) \rightarrow A(a)) \wedge D(a)) \rightarrow B(a)$.

Mas como o que nos interessa, agora, é uma explicitação do tipo de inferência (a nível sintático), apresentemos, a sentença "**B**", para efeito de uma melhor visualização dessa situação, em uma formalização para o cálculo proposicional, onde teremos:

C) $(A \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A) \wedge D) \rightarrow B$.

A nossa parte $\mathcal{A}$ será: $(\underline{(A) \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A)) \wedge D})$;

A nossa parte $\mathcal{B}$ será: $\underline{B}$.

Seja o nosso conjunto **K** (aqui reduzido ao que será estritamente utilizado), o seguinte conjunto de regras de dedução natural:

1. Regra de *modus ponens*: $\mathcal{A},\ \mathcal{A} \rightarrow \mathcal{B} / \mathcal{B}$

2. Regra de Separação: $\mathcal{A} \wedge \mathcal{B} / \mathcal{A},\ \ \mathcal{A} \wedge \mathcal{B} / \mathcal{B}$

[130] Esta conexão entre os métodos de dedução natural e o conceito tradicional de análise parece tornar possível, segundo Hintikka e Remes, comparações entre as velhas discussões da geometria heurística e recentes estudos de provas mecânicas de teoremas.

3. Regra de conjunção: $\mathcal{A}, \mathcal{B} / \mathcal{A} \wedge \mathcal{B}$.

<u>Análise</u> de **C)**: $((A) \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A)) \wedge D)) \rightarrow B$

1) B	- assumida como se fosse verdadeira;
2) $((A) \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A)) \wedge D))$	- assumida como se fosse verdadeira porque disso deve decorrer B, que foi assumida como se fosse verdadeira.
3) $A \rightarrow B)$	- de 2) por separação;
4) A	- Suposta verdadeira, como condição p/ se demonstrar, na síntese, que B é verdadeira;
5) $(D \rightarrow A)$	- de 2) por separação. '$(D \rightarrow A)$' indica a condição de A se revelar verdadeira: Se D for conhecida como verdadeira.
6) D	- de 2) por separação;

Chega-se, assim, à condições que possibilita deduzir B, desse conjunto, e a análise significou, também, uma ***divisão*** da primeira parte da implicação $\mathcal{A}$ em suas partes: '$(A \rightarrow B)$', '$(D \rightarrow A)$' e 'D'.

Se D representa uma proposição conhecida como verdadeira, então a síntese subseqüente corresponderá ao caminho de volta, colocando-se na "ordem natural" de conseqüente o que antes era antecedente.

Levando-se em conta as informações fornecidas por **K** & $\mathcal{A}$ e $\mathcal{B}$ conjuntamente, procura-se estabelecer as concomitâncias representadas pelas setas simples "$\rightarrow$" indicativas do caminho ascendente. Além disso, para o estabelecimento das conseqüências lógicas, cujo caminho descendente é representado pelas setas dúplices "$\rightarrow\rightarrow$", considera-se apenas $\mathcal{A}$ & $\mathbb{K}$, de que se segue a parte $\mathcal{B}$, (Veja-se o gráfico 2). Vejamos, então, como explicitar o nosso raciocínio ascendente:

1) Como a parte $\mathcal{B}$ nos informa, precisamos obter "B", que se assume como verdadeira.

2) Desta suposição inicial, deve-se assumir também que toda a parte $\mathcal{A}$ (que implica B), deve ser igualmente verdadeira em virtude de nossa primeira suposição, e assim temos: $((A) \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A)) \wedge D)$, que é toda a nossa parte $\mathcal{A}$.

3) Analisando-se a parte $\mathcal{A}$, conjuntamente com K, verificamos que B pode ser obtida a partir de "$(A \rightarrow B)$" que se pode obter a partir de 2) por separação

4) Mas também em virtude de nossas "hipóteses" anteriores, "$(A \rightarrow B)$" nos informa que B será verdadeira se "A" for verdadeira, e assim temos "A" assumida como verdadeira;

5) Mas, como $\mathcal{A}$ nos informa que "A" pode ser obtida de "$(D \rightarrow A)$" se esta for verdadeira. E mais uma vez, de 2), conjuntamente com K, verificamos que esta pode ser obtida pela regra de separação, e assim temos: "$(D \rightarrow A)$" que assumimos também como verdadeira, em virtude de nossa suposição anterior 2).

6) Todavia "(D → A)" nos informa que "A" é verdadeira se "D" for verdadeira. E, mais uma vez, de $\mathcal{A}$, obtemos *imediatamente* "D" por separação, sem qualquer condicionante. Encerra-se, aí, o caminho **ascendente**. D que por último foi alcançada na análise, vai ser o passo inicial do caminho de volta.

No percurso **descendente**, que é representado no gráfico 2 pelas setas dúplices "→→", será estabelecida a ligação da parte $\mathcal{A}$ com a parte $\mathcal{B}$, mas, desta vez, partindo somente de $\mathcal{A}$ & **K**.

Síntese de **C)**: $((A \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A)) \wedge D)\ ) \rightarrow B$

1) $((A \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A)) \wedge D))$	- Parte $\mathcal{A}$ assumida como verdadeira cuja ligação com a parte $\mathcal{B}$ vai se tentar estabelecer.
2) D	- de 1) por separação;
3) $D \rightarrow A$	- de 1) por separação;
4) A	- de 3) e 4) pela regra de *modus ponens*;
5) $A \rightarrow B$	- de 1) por separação;
6) B	- de 4) e 5) pela regra de *modus ponens*.

Como se verifica, estabeleceu-se, aí, a ligação entre 1) e 6), que correspondem às nossas partes $\mathcal{A}$ e $\mathcal{B}$ e, portanto $\mathcal{A} \rightarrow \mathcal{B}$.

Como Hintikka bem ressaltou, a lógica moderna pode, pois, aclarar esse tipo de inferência analítica.

De fato, este resultado, à luz da lógica moderna pode parecer mesmo trivial, mas apenas se considerarmos a parte dedutiva, pois pelo Teorema da Dedução, se temos que $\mathcal{A} \vdash \mathcal{B}$, então se obterá $\vdash \mathcal{A} \rightarrow \mathcal{B}$. A novidade aqui é, sobretudo, a forma como esta lógica está sendo utilizada. E assim, como afirma Hintikka, as mesmas regras que nos dizem como "descer", deduzir, podem nos informar também, como "subir" em busca das premissas.

Em termos do diagrama delineado por Hintikka e Remes, teremos então o <u>gráfico 2</u>:

$$\begin{array}{rccc}
 & \mathbf{D} & & \\
 & \downarrow & & \uparrow \\
 & \downarrow & & \\
 & D & \rightarrow & A \\
 & \downarrow & & \uparrow \\
 & \downarrow & & \\
 & A & & \\
 & \downarrow & & \uparrow \\
 & \downarrow & & \\
 & A & \rightarrow & B \\
 & \downarrow & & \uparrow \\
 & \downarrow & & \\
K \,\&((A \rightarrow B) \wedge (D \rightarrow A)) \wedge D)) \rightarrow & \mathbf{B} & &
\end{array}$$

Evidencia-se, assim, que é possível, proceder *contra a corrente* por meio do mesmo esquema que nos mostra como proceder para baixo, a *favor da corrente*, e, deste modo, o procedimento ascendente, *contra a corrente*, não é, como o disse Robinson, matéria de adivinhação. Além disso, como foi posto por Hintikka e Remes, o que mais importa, no processo analítico, não é bem o fato de se estar extraindo conclusões a partir de $\mathcal{B}$ ou de se estar procurando descobrir premissas a partir das quais, juntamente com $\mathcal{A}$, siga-se $\mathcal{B}$. Antes disso, o que há de relevante é o fato de que a força lógica de $\mathcal{B}$ - as informações que presta acerca de certos tipos de configurações geométricas - é também considerada para conduzir a tarefa analítica.

Desta forma, torna-se relevante reconhecer que, na prática pappusiana, a análise pressupõe inferências, a partir do conseqüente $\mathcal{B}$, que se deseja alcançar, que são tipicamente como as representadas pelas setas simples Por outro lado, deve-se sustentar a idéia de que, depois de tudo, a análise procede como um movimento descendente.

Uma questão, todavia, merece ser posta aqui. Poder-se-ia indagar, então, por que Pappus, na sua prática matemática, também se afastou da idéia de movimento ascendente. Para Hintikka e Remes, o ponto crucial aqui é que um importante aspecto da utilidade heurística do método de análise é devido à possibilidade de se tomar tanto as informações de $\mathcal{B}$ a respeito de uma certa configuração geométrica, quanto as informações de $\mathcal{A}$ & K que as sustentam. Isso implica que se procedermos apenas para cima numa tentativa de estabelecer as setas duplas diretamente, sem levar em conta as informações do antecedente $\mathcal{A}$ & K, fica-se sujeito ao risco de não se proceder consistentemente, uma vez que tais informações poderiam deixar de ser efetivamente utilizadas para se descobrir os estágios intermediários C, D, ..., e, aí, sim, teríamos uma tentativa cega de busca de antecedentes. Conseqüentemente, torna-se relevante a utilização de $\mathcal{A}$, & K como um procedimento heurístico viável. No entanto, o que, em princípio, não se pode descartar é uma tentativa de um procedimento ascendente, simultâneo ao movimento descendente. Deste modo, à medida que se procede para cima, busca-se, ao mesmo tempo, o apoio de $\mathcal{A}$ & K para a mesma configuração que é obtida dedutivamente, ou seja, tomando-se $\mathcal{A}$ & K como premissas.[131] Este caso, por exemplo, ocorre na análise teórica que examinamos acima.

Mas há um outro aspecto no relato de Pappus que parece crucial para a lógica do método analítico como um movimento ascendente. É aquela passagem em que ele afirma que, *se chamarmos a algo falso, o que se queria provar será igualmente falso*, sem a necessidade de qualquer síntese subseqüente.

Vejamos se o esquema Hintikka - Remes de reconstrução da análise-síntese (conforme representado no gráfico 1) consegue dar conta dessa situação. Com esse intento, consideremos, pelas razões já apontadas, também no cálculo proposicional, a análise da seguinte proposição que sabemos falsa:

D) $((A \rightarrow B) \wedge (A \rightarrow \sim B))) \rightarrow A$.

[131] Para Hintikka e Remes, este procedimento duplo é plenamente factível, e a sua lógica é, de fato, importante para o método de tableau semântico de Beth, {1974}, p. 37. Veja-se também nota 6, p. 40.

Do mesmo modo, a nossa parte $\mathcal{A}$ será a primeira parte da implicação: $(((A \rightarrow B) \wedge (A \rightarrow \sim B)))$ e a parte $\mathcal{B}$, o conseqüente, no nosso exemplo a proposição "A". O nosso conjunto de regras K será o mesmo do exemplo anterior.

<u>Análise</u> de **D)**: $((A \rightarrow B) \wedge (A \rightarrow \sim B))) \rightarrow A$.

1) A	- assumida como se fosse verdadeira;
2) $((A \rightarrow B) \wedge (A \rightarrow \sim B)))$	- assumida como se fosse verdadeira porque disso deve decorrer A, que foi assumida como se fosse verdadeira.
3) $A \rightarrow B$	- de 2) por separação;
4) B	- Decorre de 1 e 3 por modus ponens;
5) $A \rightarrow \sim B$	- de 2) por separação.
6) $\sim B$	- de 1) e 5)por *modus ponens;*
7) $B \wedge \sim B$	- de 4) e 6)pela regra de conjunção, que é uma contradição que decorre do fato de se ter assumido A como verdadeiro.

Mas, uma vez que, a partir de A, que foi assumida como se fosse verdadeira, se chegou a uma contradição, e como de "algo verdadeiro" não se pode chegar a algo falso, logo, A é, na realidade falsa, e isto sabemos sem a necessidade de qualquer síntese subseqüente. (por Reductio ad absurdum). E como tanto neste exemplo quanto no exemplo anterior, trabalhamos com proposições que não são reversíveis (bicondicionais), logo, não pode haver a exigência de a proposição ser reversível para poder receber uma abordagem pelo método de análise, como estipula uma certa corrente da concepção tradicional do método.

Deste modo, no procedimento duplo de análise-e-síntese, a função específica da síntese vem a ser, primeiramente a de verificar como se possa converter as setas simples em setas dúplices, mas isso não é tudo. A tarefa sintética para garantir a reversibilidade de diversos passos não é, de modo algum, exorbitantemente difícil, pois, na verdade, muitos passos de uma análise geométrica serão de qualquer forma reversíveis pela mediação da dependência funcional existente entre os elementos geométricos, e isso contribui para uma apreciação do significado da reversibilidade para a prática da análise. Desta forma, deve-se considerar também o problema da reversibilidade não dentro de uma ótica de reversibilidade de passos; mas de construções, razão por que se torna importante o sentido construcional da análise como será visto na seção seguinte.

Por essas considerações, compreendemos melhor a colocação de Hintikka e Remes, ao afirmar que *tudo* *isso nos leva a ver, num primeiro momento, o que é essencial e o que não o é no método de análise. Os mais importantes aspectos parecem ser (1) a idéia de estudar as inter-relações dos objetos geométricos em uma dada configuração e (2) a idéia heurística geral de se tomar o máximo de informações para parir sobre esta configuração.*

É possível ainda considerar, a partir dos exemplos, a sugestão de Hintikka e Remes de que parece possível se estabelecer comparações entre as discussões da geometria heurística e recentes estudos de provas mecânicas de teoremas,[132] aspecto que exploramos em nossa tese de mestrado. (Souza, Roberto Lima, **1985**).

3. O SENTIDO CONSTRUCIONAL E A RESOLUÇÃO DO SISTEMA ANALÍTICO

O sentido construcional da análise, na concepção de Hintikka e Remes, complementa a sua visão de análise como análise de figura.

Como vimos antes, o desenvolvimento natural de uma análise de figura não é linear, mas assume a forma de uma rede mais complexa de conexões, onde, de um ponto de vista heurístico, o que se torna mais

[132] Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 38 (citação com tradução nossa).

interessante de considerar são as inter-relações entre os objetos geométricos de uma certa configuração. Assim, entender os passos da análise não meramente como passos de uma proposição para outra, mas como de um objeto geométrico para outro, ou de uma configuração geométrica para outra, significa voltar a atenção para a figura, e, na medida em que nos voltamos para a figura, como instância da primeira parte de nossa implicação, podemos melhor compreender o real significado da análise, seja teórica ou de problemas.

Contudo, para analisar uma figura, como diz Hintikka, *em todos os casos mais interessantes nós precisamos de uma 'preparação'* (em grego κατασκηυη) *a fim de tornar possível conduzir a prova*[133]. Isto significa dizer que, muitas vezes, a figura dada necessita ser complementada em termos de novos traçados (construções auxiliares) a fim de que a prova possa ser conduzida com êxito. Deste modo, entende-se que o objeto da análise não é meramente a simples figura determinada por um certo teorema ou problema, mas esta mesma figura ampliada por um certo número de construções adequadas. Em outras palavras, uma análise de figura só poderá ser bem sucedida se, além de assumirmos a verdade do teorema ou a solução do problema, formos capazes de explicitar um número suficiente de construções auxiliares na figura, a partir das quais sejam obtidos os elementos que

[133] Hintikka, J. {1973}, p. 202.

possibilitem executar a construção da prova ou chegarmos aos dados que possibilitarão resolver o problema.

No entanto, por maior que seja a certeza da necessidade de tais construções, a impreditibilidade do número desses elementos auxiliares implica em uma correspondente incerteza do método de análise, no sentido de que, em principio, nunca se pode estar seguro de que tenhamos realizado as construções auxiliares suficientes até que se atinja o resultado desejado. Deste modo, a descoberta das construções auxiliares adequadas não apenas é freqüentemente o elemento de maior dificuldade da análise, como também parte essencial para a prova de uma proposição ou solução de um problema geométrico.

Em razão disso, a tarefa principal da análise vai se constituir na sistematização das informações (ao máximo possível) sobre os dados do problema ou das partes da proposição que se deseja provar, posto que, assim trabalhadas, tais informações possibilitarão introduzir os elementos novos - as construções auxiliares - que possibilitarão reduzi-las a *algo já conhecido ou pertencente à classe dos primeiros princípios*.

Podemos encontrar em Aristóteles e no próprio Pappus uma fundamentação desta interpretação em termos de uma história do método. Podemos dizer que a formulação desta concepção já se encontrava na

Metafísica IX, 9, onde Aristóteles afirma com muita clareza o seguinte:

> É pela atividade também que as proposições geométricas são descobertas; pois nós a encontramos pela divisão (das figuras). Se as figuras já estivessem divididas, as proposições seriam óbvias, mas do jeito que a figura é (apresentada), elas estão presentes apenas potencialmente[134].

Uma afirmativa dessa ordem bem que expressa a importância das construções auxiliares e da relação entre a figura e as proposições. Assim concebidas, as construções auxiliares poderão explicitar certas conexões existentes entre as figuras, ou seja, os passos de um objeto geométrico para outro, que conduzirão a algo já estabelecido a partir de que se possa construir a prova. Deste modo, a tarefa primeira da análise é a de tornar atual (através do ato, *da atividade*) o que é apenas potencial.

Mas, como também dissemos, outra fundamentação da concepção construcional da análise pode igualmente ser encontrada em Pappus. E é o seu próprio relato que nos pode fornecer pistas para assim se chegar também a conceber a análise. Vejamos um breve comentário de Hintikka a esse respeito:

---

134 Referência apud Hintikka, J. {1973}, p. 203. (Citação com tradução nossa).

> Esta interpretação é também encorajada pela formação de Pappus. O que poderia ele entender pelo seu convite a que se assuma (na análise teórica) aquilo que é procurado como se fosse *verdadeiro e existente* se não que se assumisse que as construções auxiliares já estivessem feitas?[135]

De fato, dentro de uma ótica construcional, essa afirmativa de Pappus na descrição da análise teórica assume um significado muito mais exato, não podendo mais ser vista apenas como uma ênfase retórica ao que afirmara na formulação geral da análise, onde, sem nenhuma adjetivação nos convida a assumir o que é procurado como se já fosse dado.

Na realidade, em uma análise pappusiana, constata-se o papel fundamental e indispensável das construções auxiliares, e este caráter de indispensabilidade não deixa de ser o reflexo de que, na geometria elementar, freqüentemente se deve assumir que, mesmo antes de o teorema poder ser provado ou o problema solucionado, já tinham sido realizadas *construções* que ultrapassam à simples enunciação do teorema ou exposição do problema.

Feita esta abordagem sobre a concepção construcional da análise, e antes de apresentarmos um

---

135 Hintikka, J. {1973}, p. 202. (citação com tradução nossa).

exemplo de análise em Pappus que evidencie estes pontos, convêm considerar, aqui, as etapas do sistema de análise-e-síntese na visão de Hintikka e Remes.

O método de análise-e-síntese se compõe de duas etapas principais:

1) a análise e 2) a síntese, que são procedimentos complementares e não opostos no sentido forte do termo. Agora, como foi visto na seção anterior, o primeiro passo de uma proposição euclidiana é uma *ek-thésis*, ou seja, uma exposição ou explicitação do teorema geral a ser provado que, em termos da lógica moderna, importa em um passo de instanciação. Mas como, em Pappus, o teorema já aparece previamente exposto, isto significa dizer que normalmente a exposição geral é por ele omitida.

1) A análise, no sentido amplo, se divide em dois estágios: 1.1) a <u>análise restrita</u> (propriamente dita) ou <u>transformação</u> e 1.2) a <u>resolução</u>

1.1) Na <u>transformação</u>, assume-se o que se procura como verdadeiro ou resolvido e, a partir disso, investigam-se dois tipos de antecedentes: a) as proposições anteriormente estabelecidas de que isso possa ser deduzido e b) as construções legítimas e os dados que possibilitem construir a formulação instanciada. Chegando-se a proposições independentemente tidas como verdadeiras ou construções que se possa executar, encerra-se, aí, a análise restrita.

1.2) Na <u>resolução</u>, que é a segunda parte da análise ampla, deve-se provar que as premissas obtidas na transformação são verdadeiras e que são legítimas as construções realizadas.

2) A síntese, por sua vez, se inicia pelo que por último foi alcançado na análise e se compõe igualmente de dois estágios: 2.1) a <u>construção da síntese</u>, ou simplesmente <u>construção</u> (κατασκηυη) e 2.2) a <u>síntese propriamente dita</u> ou <u>demonstração</u> (αποδειξις).

2.1) Na <u>construção</u>, a figura que instancia a formulação geral é efetivamente construída de acordo com as construções que se revelaram legitimas no estágio analítico da resolução.

2.2) Na <u>demonstração</u>, prova-se a proposição inicialmente suposta como verdadeira ou soluciona-se o problema que se supôs resolvido, a partir das premissas alcançadas na transformação e estabelecidas na resolução.[136]

Em uma análise de problema, as construções adicionais que não fazem parte da exposição do

[136] Em nossa dissertação de mestrado , consideramos detidamente, à luz da visão de Hintikka e Remes, a análise-e-síntese de um problema encontrado na *Collectio* de Pappus. Este problema se encontra em Heath, T.L. {1925}, pp. 141-42, e é reproduzido por Hintikka, J. & Remes, U. {<u>1983</u>}, 4, pp. 31-32. A respeito desse problema escrevemos também um apêndice, na mesma dissertação, elucidando alguns pontos que pareceram obscuros. Veja-se Souza, Roberto Lima, <u>1985.</u>

problema, se constituem em elementos imprescindíveis para a prova do problema em questão. É preciso assumi-las como já realizadas e tentar de descobri-las, partindo do que se estipula na própria formulação do problema. Como se pode ver, então, a estrutura lógica do sistema analítico, conforme reconstituída por Hintikka e Remes, se aplica igualmente para teoremas e problemas, e, desta forma, podemos agora melhor compreender por que Hintikka assim se expressa:

> *Esta diferença na direção (dos passos da análise) não é, todavia, o que o matemático praticamente, estando fascinado com o método de análise é capaz de encontrar. É mais provável que ele esteja interessado nas similaridades entre análise teórica e análise de problema. A razão para isto será apreciada por todos aqueles que têm tentado provar proposições geométricas a partir de axiomas ou proposições anteriores. Na prova de proposições geométricas, raramente é suficiente considerar a figura dada, isto é, a figura de que fala o antecedente da proposição. Em todos os casos interessantes nós precisamos de*

> *uma 'preparação' ou uma 'maquinaria' (em grego κατασκηνή) a fim de tornar possível conduzir a prova. Em outras palavras, devemos complementar a figura, traçando novas linhas, círculos e outras figuras*[137].

Mas é tempo, agora, de retomarmos um último ponto a ser resolvido, qual seja o do resultado negativo da análise que parece favorecer a concepção do método como um movimento descendente. O ponto de apoio desta visão são principalmente aquelas afirmativas finais do relato de Pappus (1) sobre a análise teórica e (2) sobre a análise de problemas. Vejamo-las mais uma vez:

> *(1) Mas se nos deparamos com algo reconhecidamente falso, o que se procura será igualmente falso.*

> *(2) Mas se chegarmos a algo reconhecidamente impossível, o problema será igualmente impossível.*

A partir da concepção instancial da análise (análise como análise de figura), da visão da estrutura lógica do sistema analítico, expostas nas

[137] Hintikka, J. {1973}, pp. 201-202. (citação com tradução nossa).

seções precedentes, e da concepção construcional que acabamos de abordar, se tornará mais factível a remoção desse aparente obstáculo à idéia da análise como um movimento tipicamente ascendente

Antes de tudo, conforme vimos, o que, na prática, se assume como verdadeiro não é exatamente o teorema geral ou o problema, mas uma versão instanciada da conjunção do antecedente e o conseqüente da enunciação geral. Assim, na análise restrita, tanto o que é dado (dedômena) como o que se deve procurar (zetoúmeno) são pontos de partida de dedução, conforme vimos na Seção 2 deste Capítulo, quando tratamos da estrutura lógica do método, e, neste ponto, a interpretação proposicional falha.

As informações fornecidas por Pappus com relação ao limite da análise são bem mais favoráveis à concepção de análise de figura. Diz ele que a análise se encerra quando chegamos a algo *em ordem como um primeiro princípio*. (τάξιν άρχῆs έχόντων). Comentadores viram nisto axiomas e postulados; todavia, segundo Hintikka e Remes, o termos 'arxés' (άρχῆs), em Pappus, é tipicamente empregado para definir objetos matemáticos e suas inter-relações e não proposições matemáticas. Esses objetos são constituídos do mesmo tipo de *material* de que se constituem os dados, isto é, não de proposições, mas de algo como, por exemplo, linhas, pontos, razões, etc.

A isto Hintikka e Remes acrescentam:

> *Observe-se que, em certos casos, há dificuldades significativas em tentar interpretar 'arxés'*[138] *na descrição geral de Pappus da análise como 'primeiros princípios' no sentido de axiomas. Por exemplo, se a análise é entendida como um movimento descendente ou como uma série de equivalências, ela não pode sempre terminar em um axioma. Pois, usualmente, nenhum axioma é implicado pelo teorema desejado que, sendo como se espera, uma conseqüência lógica dos axiomas, é tipicamente mais fraco que eles.*[139]

Visto isto, pode-se indagar, agora, o que é que, na realidade, ocorre com o resultado negativo da análise e que implicações possa ter isso no contexto da situação metodológica. Vimos, acima, que, na resolução, a segunda parte da análise no sentido amplo, deve-se provar que as premissas obtidas na transformação são verdadeiras e que são legítimas as construções realizadas. Em suma, aí são verificadas as condições de solubilidade. Desta forma, a nossa questão pode ser convertida em indagar se, na resolução, pode ser provada a impossibilidade.

---

[138] Para um estudo mais detalhado sobre a significação deste termo, veja-se Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, pp. 75 e seguintes.
[139] Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, pp. 75-76. (trecho citado com tradução nossa).

Hintikka e Remes argumentam no sentido de que se o procedimento da resolução é como aquele sugerido pela prática da análise em Pappus, então ele não prova, aí, a impossibilidade do problema ou a falsidade do teorema, mas apenas a atribui à falha dos esforços empreendidos anteriormente por não lograrem êxito.

A resolução tem uma forma especial. São passos do tipo *se isto é dado, então aquilo é dado*, onde o que é dado é um objeto matemático. Mas o ponto mais importante aí, como afirma Hintikka e Remes é que:

> *Mesmo se tivéssemos esgotado todas as formas possíveis de tentar extrair uma das construções auxiliares com base apenas nos dados, através da mediação de teoremas conhecidos, de forma "se isto é dado, então aquilo é dado" e falhássemos em obter uma desejada construção, mesmo assim não teríamos provado, aí, a impossibilidade do problema em questão. Não teríamos nem mesmo provado que não podemos realizar a particular construção auxiliar em causa, pois continua aberta a possibilidade de que ela possa ser obtida por meio de adequadas construções auxiliares*

> *adicionais que não estão sendo consideradas.*[140]

Como vemos, então, uma análise particular não prova que o problema seja insolúvel, e assim, quando Pappus afirma que se chegarmos a algo impossível, o problema será igualmente impossível, está querendo dizer que ele é impossível, ou seja, que a sua solução é impossível em relação ao que se obteve ou se deixou de obter na análise.

Mas por que se vê, nessa *impossibilidade* aludida por Pappus, uma evidência para a concepção de análise como um movimento descendente? O que se alega a esse respeito é que o resultado da análise propriamente dita (a análise restrita) poderia ser, então, um argumento por redução ao absurdo,[141] ou seja, que em tais casos, obtêm-se uma prova indireta, sem a necessidade de qualquer síntese, da negação do que se pretendia provar.

Com relação a esse assunto, Hintikka e Remes retomam o relato de Pappus e consideram aí digno de menção o fato de que, em sua descrição da análise, nos seus dois tipos, tais provas redutivas não tenham merecido nada além do que uma observação de passagem sobre a possibilidade de um resultado negativo da análise. Nisto talvez, possa se encontrar mais um ponto de apoio para a concepção de análise como um movimento ascendente.

---

[140] Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 57.
[141] Veja-se o Capítulo III, Seção I.

Como foi visto quando da exposição da estrutura lógica do sistema analítico, procede-se de forma ascendente pelas mesmas regras que dizem como proceder para baixo. Desta forma, no movimento ascendente, pode-se também chegar a algo impossível, só que, em tal contingência, não se necessita mesmo de uma prova redutiva e, assim, como afirmam Hintikka e Remes, *a única conclusão legítima seria um 'non sequitur', em vez de uma palavra redutiva.*[142]

No entanto, Hintikka e Remes se propõem a analisar uma outra possibilidade para explicar o descaso de Pappus em relação a provas redutivas em seu relato e, nesta análise, dois aspectos podem ser destacados.

Em primeiro lugar, considera-se que, se em uma análise bem sucedida, for obtido um resultado positivo que prove um certo teorema S a partir das premissas dadas, o correspondente resultado negativo poderia provar, igualmente a partir dessas premissas, a sua negação ~S. Mas visto que nem S, nem ~S possam ser provados a partir dessas premissas, como ocorre com freqüência, segue-se daí que outros tipos de resultados sejam também admitidos.

Em segundo lugar - e este ponto é para Hintikka e Remes o mais importante - o descaso de Pappus por uma prova por *reductio ad absurdum* como resultado de uma análise que tenha sido tentada com esforço, pode ser explicado, de certo modo, pelo fato

[142] Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 77. (Trecho citado com tradução nossa).

de que uma prova deste tipo é, estritamente falando, um resultado indesejável da análise propriamente dita. Mas vejamos textualmente o que Hintikka e Remes argumentam com respeito a este ponto:

> *Diz-se que a análise é uma tentativa de provar um suposto teorema dado S (ou executar uma construção definida C). Ora, uma prova redutiva concebida ao longo das linhas tradicionais, provaria não S, mas ~S (ou poderia provar não a possibilidade de C, mas a impossibilidade de C). Assim, o resultado de uma análise poderia simplesmente importar em algo que nem de longe se ajusta ao esquema de um sistema de prova analítica e, conseqüentemente, Pappus não insistiu nisto.*[143]

E acrescentam ainda, em favor dessa sua posição, uma passagem da Ética (III,3), onde Aristóteles, ao invés de falar de *silogismo prático negativo*, adota, em semelhante caso, uma postura que se coaduna com a linha de argumentação que vem sendo desenvolvida. Vejamos o que ele diz: *(...) E se chegamos a uma impossibilidade, então nós desistimos da procura.*

[143] Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 7. (citação com tradução nossa).

Do mesmo modo, para Pappus, se chegamos a um resultado negativo em uma análise tentada com esforço, isso significa dizer que se chegou a algo que não é mais análise e que, portanto, não exige nenhuma resolução como contrapartida em termos de uma prova por redução ao absurdo. E com isso é superada essa aparentemente intransponível barreira à concepção da análise como um movimento ascendente.

Para concluir, juntemos agora as derradeiras peças restantes do quebra cabeça e elucidemos a controvertida frase de Pappus: 'διά των έξής άκόλουθων'.

Como foi sustentado anteriormente, os passos da análise geométrica se dão a partir de uma certa configuração para outra (Seção 2: Verificamos igualmente, de acordo com a investigação empreendida na Seção 1., quanto ao significado da palavra '*akolouthon*' άκόλουθων'o seu emprego para designar '*concomitância*', '*inter-relação*', '*interdependência*', 'o que vai juntamente com'.

Convêm aqui observar que, em grego, a preposição 'διά' (através de) regendo o genitivo, é tipicamente empregada para introduzir um adjunto adverbial de meio, ou seja, uma locação adverbial que exprime a circunstância por meio de que algo se realiza.[144] Ora, é exatamente este contexto sintático que encontramos na frase 'διά των έξής άκόλουθων'. Por

[144] Veja-se Hintikka, J. & Remes, U. {1974}, p. 81.

conseguinte, esta expressão também crucial no relato de Pappus para o problema da interpretação do método de análise faz sentido de acordo com a concepção de Hintikka e Remes, onde os passos da análise se dão pelas (por meio de) conexões sucessivas entre as figuras. E, como isso se verifica na prática do método em Pappus, assim este último obstáculo à concepção da análise como um movimento ascendente se vê também finalmente removido.

II PARTE:

SOBRE A QUESTÃO DA INTERPRETAÇÃO DO MÉTODO DE GALILEU

CAPÍTULO V: O MÉTODO DE GALILEU NA VISÃO DO RACIONALISMO PLATONISTA

Neste Capítulo, procuraremos apresentar a visão do racionalismo platonista, considerando, em especial, os aspectos que dizem respeito, mais especificamente, à concepção metodológica de Galileu e ao método de análise-e-síntese. A partir dessas considerações, esperamos detectar e estabelecer as confluências para uma pretendida análise comparativa entre essas diversas metodologias.

Desta forma, num primeiro momento, procuraremos apresentar as idéias básicas da metodologia platonista, muitas vezes associada à tradição da análise-síntese. Num segundo momento, será focalizada - como não poderia deixar de ser - a posição de Koyré a respeito do platonismo de Galileu. Finalizando o Capítulo, na Seção das Considerações Críticas, investigaremos a associação que se estabelece entre o nome de Galileu Galilei e o racionalismo platonista e procuraremos fazer ver que esta visão, embora não dê conta de importantes aspectos da metodologia galileana, pode lançar luzes para uma melhor compreensão de muitos dos seus diversos componentes, dentro da ótica do método de análise-e-síntese, cuja tradição remonta aos geômetras gregos.

1 - IDÉIAS BÁSICAS DO RACIONALISMO PLATONISTA

Falar de racionalismo platonista, no contexto deste nosso trabalho, significa, sobretudo, falar da dialética e, em especial, do tipo de inferência realizado pela mente humana no exercício desse método. Sendo assim, comecemos por considerar alguns pontos preliminares da filosofia de Platão que serão requeridos a esse propósito.

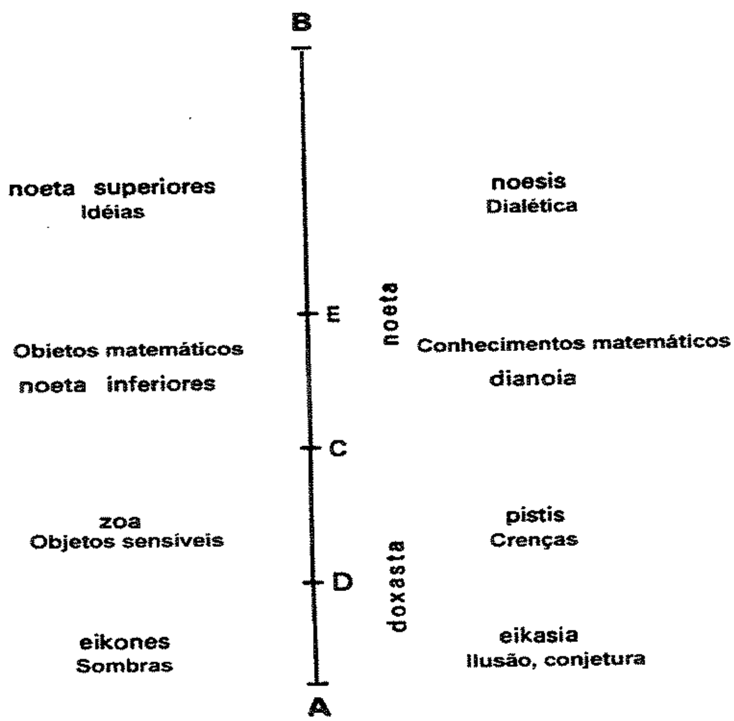
No Livro VI da República, dois pontos se destacam aos nossos objetivos. O primeiro refere-se à *Linha Dividida,* onde Platão distingue, nos seus diversos níveis, de um lado, os objetos do conhecimento e, do outro, os correspondentes processos para alcançá-los; o segundo ponto é uma descrição da dialética em uma associação com o método da análise geométrica, que é feita por Platão já no final do Livro VI, onde são destacados os movimentos característicos de ascendência descendência como característicos da dialética.

Para uma compreensão do esquema da Linha Dividida, em primeiro lugar, temos que considerar a metáfora do Sol para representar o Bem. Nesta metáfora, o Sol representa para o mundo visível o que o Bem representa para o mundo sensível, e assim, Platão vai nos mostrar que o processo do conhecimento é a passagem progressiva a partir das sombras e imagens, para o luminoso mundo das idéias, onde o Bem na região mais elevada é fonte iluminadora das coisas inteligíveis.

Desta forma, quanto mais elevado é o nível do conhecimento, mais próximo estará este da luminosidade do Bem.

Em segundo lugar, é preciso imaginar uma *Linha* (vertical) *Dividida* em duas partes desiguais, sendo cada uma dessas subdivididas nas mesmas proporções.

"Se designarmos essa Linha por AB, o primeiro corte por C e os outros por D e E, e indo buscar ao texto as equivalências dos segmentos assim obtidos, podemos traçar o seguinte diagrama[145]*:*



[145] O esquema aqui apresentado baseia-se no que aparece em Pereira, M.H. da Rocha, na introdução à República de Platão, xxix, 1993,.

A partir desse diagrama, podemos visualizar, na Linha Dividida, dois segmentos principais: o primeiro, o inferior, que vai de A a C, representando o mundo visível (*horata ou doxata*), e o segundo, o superior, que vai de C a B, representando o mundo inteligível(noetá). A cada estágio dessa linha, encontramos, de um lado, os objetos visíveis e inteligíveis e, do outro, o correspondente processo pelo qual a mente se apropria do seu conhecimento. No primeiro grande segmento, encontramos duas subdivisões. Na primeira (A-D), a mais inferior, situa-se o mundo das imagens (eikones), que se torna conhecido pela *eikasia* (suposições, ilusões); Na segunda subdivisão (D-C), o nível imediatamente acima, encontra-se o domínio de todos os seres viventes (*zoa*) e dos objetos do mundo sensível, cujo entendimento é alcançado através da *pístis* (crença ou fé). No segundo grande segmento, que vai de C a B, que representa o mundo inteligível, encontramos também duas subdivisões: a das *noetá inferiores* (C-E) *e a das noetá superiores* (E-B), onde se situam, respectivamente, os objetos da ciência e das matemáticas, cuja apreensão se dá através da *diánoia* (razão discursiva) e a própria filosofia, cujas idéias são apreendidas através da *nóesis* (razão intuitiva, ou dialética).

Embora este primeiro ponto da filosofia de Platão encerre elementos sobejamente conhecidos, considerou-se oportuno aqui revisitá-los, como forma de mantê-los vivamente presentes, uma vez que a eles são feitas freqüentes alusões na discussão do racionalismo platonista que se segue.

Passemos, agora, à retomada de um segundo ponto, a descrição da dialética que encontramos ao final do Livro VI, onde são destacados os movimentos típicos do método dialético, por associação *ao que se passa na geometria:*

> *(...) O raciocínio atinge (aquele segmento do inteligível), pelo poder da dialética, fazendo das hipóteses não princípios, mas hipóteses de fato, uma espécie de degraus e de pontos de apoio para ir até aquilo que não admite hipóteses, que é o princípio de tudo, atingido o qual,* desce fixando-se em todas as conseqüências que daí decorrem, até chegar à conclusão, sem se servir em nada de qualquer dado sensível, mas passando das idéias umas às outras, e terminando em uma delas. (*República*, 511b.)

Essa descrição do método dialético feita por Platão, enseja, de fato, uma aproximação com a descrição de Pappus do método de análise, assunto que foi discutido no Capítulo III, Seção 2. e que será adiante retomado.[146]

---

[146] Em Platão, encontramos a dialética ascendente e a dialética descendente, respectivamente no Livro VII da República, onde Platão descreve meticulosamente o caminho a ser seguido pelo aspirante a filósofo, e no *Sofista*, identificada como método de divisão.

Isto posto, vejamos agora, seguindo Léon Brunschvicg [**1929**, pp.49-65], as duas vertentes principais do método de Platão, a saber, a *regressão analítica* e a *dialética sintética*.

A partir do exame dessas duas vertentes, acreditamos, seja possível entender melhor tanto a relação da análise-síntese com o platonismo, quanto a conexão que se estabelece entre o platonismo e a metodologia Galileana. Feitas tais considerações, pode-se estabelecer igualmente - e este é o nosso ponto principal - uma conexão entre o modelo conceitual da análise-síntese e a metodologia Galileana. Tendo em vista que a segunda seção deste capítulo será dedicada ao platonismo de Galileu, segundo Koyré, a nossa investigação aqui seguirá, mais de perto, a primeira vertente, ou seja, a relação análise-síntese versus platonismo.

1.1 - A Regressão Analítica

A regressão analítica constitui o componente da metodologia platonista que visa à reconstituição do sistema orgânico onde as ciências vão encontrar a sua harmonia e unidade. Para Platão, é através do progresso da análise que a multiplicidade do sensível das várias disciplinas, que se revela confuso e mutável, vai se reduzir a um sistema de relações compreensíveis. Desta forma, a regressão analítica, em Platão, tem a função de estabelecer as bases da ciência como independentes do sensível, remontando das hipóteses que são aí alcançadas, aos princípios que as fundamentam. Nesse sentido, segundo Bruschvicg, a ciência platonista se assemelha à dialética de Sócrates, que, em sua Metafísica, [147] tinha a preocupação de conduzir o pensamento dos seus interlocutores na direção das hipóteses que fundamentam as suas ações. Para isso, incitava-os a refletir sobre as mesmas, a confrontá-las com as ações ou os discursos dos seus semelhantes, a considerar a incerteza de suas máximas e a conduzir essa reflexão de tal forma adiante, através de procedimentos metódicos e convergentes de depuração, até chegar a distinguir uma noção que fosse suficientemente abrangente e geral de maneira a justificar a sua conduta, imprimindo-lhe uma direção racional de acordo com a verdadeira natureza humana. Platão procederá de modo semelhante, mas, ao contrário de Sócrates, vai se posicionar muito mais no campo da investigação especulativa. Tal é o procedimento que se encontra na *logística,* ou aritmética, na geometria e na astronomia.

Na geometria, por exemplo, cuja aplicação prática é inconteste na arte da guerra, pode-se verificar claramente que o geômetra, embora considere figuras particulares como objeto de seus raciocínios, diz Brunschvicg que *o verdadeiro objeto do seu pensamento não são essas figuras, são outras realidades às quais essas figuras se assemelham.* Explicitando melhor este ponto de vista, o autor afirma ainda, em relação aos geômetras, que *a razão de suas demonstrações é o quadrado em si, a diagonal em si, não a diagonal que*

[147] apud Brunschvicg, L. **1929**.

eles traçam, ou qualquer figura da qual eles dão uma representação gráfica. ([**1929**], p. 51).

A esse respeito, é curioso observar que Hintikka e Remes [**1974**] têm uma concepção semelhante quanto ao método dos antigos geômetras gregos. Para esses autores, como vimos na primeira parte deste trabalho, embora o objeto da análise seja uma figura particular, esta é apenas uma instância de uma configuração, cuja propriedade se pretende provar. Assim sendo, quando o geômetra considera, por exemplo, uma linha, um traçado ou um triângulo particular como objeto de seus raciocínios, o que ele pretende alcançar, na realidade, são as propriedades gerais válidas para qualquer triângulo com as mesmas configurações. Tal concepção faz parte da chamada interpretação instancial da análise como análise de figura.[148] Vemos, desta maneira, que se estabelece um paralelo entre a visão do método platônico aplicado à geometria (Brunschvicg) e a visão instancial do método de análise (Hintikka e Remes). Em razão disso, parafraseando o primeiro, podemos dizer, então, que *os geômetras se servem de figuras visíveis e delas fazem o objeto de seus raciocínios. Mas o objeto verdadeiro do seu pensamento são outras realidades* (propriedades gerais válidas para qualquer figura com as mesmas configurações) *às quais suas figuras se assemelham.*[149] Se considerarmos, todavia, que Brunschvicg reconhece a origem do método de análise como geométrica[150]

[148] A esse respeito, veja-se a seção 2. do Capítulo IV.
[149] Met. M. 4 1078 b, 27. - Apud Brunschvicg, 1929, p. 50.
[150] Veja-se Brunschvicg, L. **1929**, p. 53. Cf. Capítulo III, Seção 2 deste trabalho.

e não platônica, podemos conjecturar, também com base na concepção de Hintikka e Remes, [151] que tal idéia - embora tão genuinamente platônica - pode ter sido originária da prática do método pelos antigos geômetras gregos.

De qualquer maneira, é em Platão - segundo Brunschvicg - que se completa esse trabalho de regressão analítica como procedimento investigativo não apenas para a descoberta de verdades matemáticas, mas igualmente para a descoberta de proposições que as fundamentam. Pode-se ressaltar, no entanto, que esse aspecto, apontado como um passo além na metodologia de Platão, encontra igualmente respaldo na chamada análise teórica, conforme a descrição contida no relato de Pappus. E, para Paul Tannery,[152] quando Proclus fala de método platônico, estaria se referindo particularmente ao emprego deste tipo de análise. Em razão disso, torna-se também compreensível por que o método de análise esteve tão associado ao nome de Platão.[153]

De qualquer forma, como bem explicitou Brunschvicg, entende-se a constituição da análise, em Platão, *como procedimento de demonstração que remonta da proposição enunciada aos princípios que permitem estabelecer a sua exatidão.* ([**1929**], p. 54). Observe-se que, também aí, *demonstrar* (embora pressuponha *deduzir*) não significa *provar*, e, desta maneira, a análise regressiva em Platão se caracteriza - como no método

[151] Trata-se da visão de 'análise como análise de figura', concepção instancial. Veja-se a esse respeito o Capítulo IV, Seção 2.

[152] . L' éducation platonicienne, VII, L'Analyse Géometrique, Revue Philosophique, 1881, t. I, p. 237 (apud Brunschvicg, L., **1929** , p. 53.)

[153] Veja-se Capítulo II: Platão e a Origem da Análise.

dos antigos geômetras - em um método de descoberta que requer a sua complementação, uma prova pela síntese subseqüente, conforme sugere, ainda, Brunschvicg:

> *Se a regressão, que parte da observação sensível e da prática vulgar, alcança as hipóteses fundamentais do matemático, a ciência, em sua constituição definitiva, procede dessas hipóteses na direção das conseqüências.* ([**1929**], p. 55).

E esse aspecto da metodologia Platônica será considerado na seção seguinte.

1.2 - A Dialética Sintética

No livro VI da República, Platão busca estabelecer uma distinção entre o procedimento do cientista e do técnico, a partir mesmo da forma como eles se utilizam das hipóteses. Para os técnicos, elas se constituem já em seu ponto de partida inquestionável, pois são tidas como suficiente e satisfatoriamente claras para todos, e, assim, não requerem uma justificação.

Para a filosofia matemática de Platão, no entanto, o trabalho da verdadeira ciência está por começar. Para os cientistas, diferentemente dos técnicos, é preciso fazer ainda remontar essas hipóteses aos princípios fundamentais, a partir de que elas são provadas. Desta forma, na dialética sintética, parte-se das hipóteses na direção dos princípios e desses, num movimento descendente, em direção das hipóteses e do sensível. Como se vê, então, na dialética sintética, existem igualmente dois movimentos: um ascendente que vai das hipóteses intermediárias situadas na região da ciência intermediária, da διάνοια (*diánoia*) até os princípios absolutos, e outro, descendente, que parte dos princípios na direção das hipóteses que, assim, são provadas de forma independente.

De fato, o papel fundamental do método dialético é exatamente o de assentar essas hipóteses como independentes do sensível, ou seja, fazendo-as finalmente repousar sobre os princípios ditos absolutos, o mundo da νόησις (nóesis), pois, como afirma Brunschvicg:

> *A dialética tem a função de retomar as hipóteses das técnicas particulares e conduzi-las até aos seus princípios, ela se apossa do incondicional; e daí, por um caminho que é o inverso da análise, constrói uma cadeia ininterrupta de idéias que, suspensa ao princípio absoluto, constituirá um mundo completamente independente do sensível, o mundo da* νόησις.([**1929**], p. 56).

Feitas essas considerações, pode-se, agora, compreender melhor a posição de Cornford, [154] quando compara a análise geométrica à dialética de Platão. De fato, Cornford não estabelece como parâmetro de sua comparação, como se haveria de esperar, o procedimento da regressão analítica, mas o movimento ascendente da dialética sintética. Daí resulta certamente toda a discussão com Robinson[155] a respeito da questão da dedutividade ou não dos passos da análise.

Em verdade, na metodologia platonista, fica muito claro que a regressão analítica, embora não seja um procedimento de prova, encerra também um procedimento de demonstração, isto é, dedutivo. Por outro lado, na dialética sintética, no movimento que vai das hipóteses aos princípios absolutos, fala-se apenas em "fazer subir", "fazer saltar" das hipóteses aos tais princípios, sem referência explícita a uma cadeia dedutiva, mas com ênfase ao movimento ascendente. Em razão disso, a interpretação de Cornford, segundo a qual a análise se caracteriza como um movimento ascendente e não dedutivo.

De toda maneira, a contribuição de Cornford, ao chamar a atenção para o genuíno movimento da análise como ascendente, se constitui seguramente em um reforço importante para ressaltar, mais uma vez, a similitude existente entre, a metodologia platonista e a análise-e-síntese da tradição dos antigos geômetras gregos.

[154] Veja-se Capítulo III, Seção 2.
[155] Veja-se igualmente o Capítulo III, Seção 2.

2 - O PLATONISMO DE GALILEU SEGUNDO KOYRÉ

Nesta seção, enfocaremos o platonismo de Galileu, segundo a visão de Koyré, seguindo de perto, sempre que possível, a sua estrutura de exposição no famoso *Galileu e Platão,*[156] mas procurando agrupar sobretudo tematicamente os aspectos enfocados. Algumas vezes, as suas idéias serão complementadas por recorrência a outros artigos de sua autoria, em especial as passagens em que, de alguma maneira, são tratados os temas em enfoque. Desta forma, esquematicamente, o platonismo de Galileu vai aparecer dentro duas grandes partes temáticas: 1) a que vai considerar o novo estatuto epistemológico da ciência a partir da nova concepção que, com ele, se inicia e 2) o aspecto da geometrização da ciência e da natureza.

2.1 - Um Novo Estatuto Epistemológico Para a Ciência

Seguindo-se o seu artigo *Galileu e Platão,* podemos dizer que o ponto de partida de Koyré para chegar ao platonismo de Galileu é a postulação de que a ciência por ele cultivada, embora tenha sido de grande importância para técnicos e engenheiros, não se situa a esse nível da prática científica. Seria enganoso assim concebê-la, pois - segundo ressalta o autor - a ciência

[156] Koyré, A. Galileo y platon. *Estudios de historia del pensamiento cientifico* . México, Siglo XXI editores, **[1978]**, pp. 150-179.

(tanto de Galileu como de Descartes) *não é obra de engenheiros ou artesãos, mas de homens cuja obra raramente rebaixou a ordem da teoria.* ([**1978**], p. 151).

Esta é uma idéia bastante enfatizada por Koyré, inclusive em diversos outros trabalhos,[157] e a razão disso poderá ser facilmente compreendida ao se perceber que o destaque ao aspecto teórico da ciência galileana se constitui já na sua primeira abordagem para aproximá-la do platonismo. De fato, como vimos na seção precedente, a ciência de Platão busca estabelecer as suas bases de forma independente do sensível, ou seja, fazendo remontar as hipóteses das diversas disciplinas particulares aos seus princípios fundamentais, conduzindo-as, assim, do sensível ao inteligível.

Um segundo ponto de relevo na análise de Koyré é a maneira como ele trata a questão da experiência em Galileu. Na realidade - ressalta o autor - a observação e a experimentação desempenham importante papel na ciência moderna, constituindo-se mesmo em um dos seus traços mais característicos. No próprio Galileu, são encontradas diversas referências à observação e à experiência. A utilização do telescópio, por exemplo, para a observação da lua e dos planetas - de que resultou o descobrimento dos satélites de Júpiter - não deixa de ter sido uma forma de como Galileu logrou desferir um ataque fatal à

[157] Veja, por exemplo, *Estudos galilaicos.* Lisboa, Publicações Dom Quixote, [**1986**], p. 13-1 e Koyré, A. [**1978**], pp. 150-151.

astronomia e à cosmologia dominantes à sua época. Todavia, esse não é o aspecto de relevância, pois como destaca Koyré:

> *Não se pode esquecer que a observação ou experiência, no sentido da experiência espontânea, não desempenhou um papel capital - ou, se o fez, foi um papel negativo, o de obstáculo - na fundação da ciência moderna.* ([**1978**], p. 152).

Além disso, apoiando-se em Dühem,[158] Koyré ressalta que a física de Aristóteles e, mais ainda, a dos nominalistas de Paris (Buridan e Nicolau de Oresme) estava muito mais próxima da experiência do sentido comum que a de Galileu e Descartes. A partir dessa constatação, Koyré vai introduzir o seu conceito de experimentação que consiste em *interrogar metodicamente a natureza*. Esse processo, no entanto, requer uma linguagem, cujos caracteres, para Galileu, são curvas, círculos, triângulos, uma linguagem geométrica, através da qual a natureza nos fala e através da qual podemos receber e interpretar as suas respostas. Essa linguagem se constitui um elemento fundamental para a realização dos experimentos imaginários, cujo conceito básico, em Koyré, é contextualmente definido, por oposição ao conceito de experiência real, em outro artigo de sua

[158] P. Dühem, *Le sistème du monde,* Paris, **[1913]**, I, pp. 194 ss. Apud Koyré, A., **[1978]**, p. 152-153, nota 9.

autoria *El de Motu Gravium de Galileu: Del Experimento Imaginario y de su Obra.*[159]

Os experimentos reais são freqüentemente muito difíceis de realizar, implicam, na maior parte das vezes, na exigência de uma equipe complexa e custosa. Além disso, comportam, necessariamente, um certo grau de imprecisão e, portanto, de incerteza. Efetivamente é impossível produzir uma superfície plana que seja "verdadeiramente" plana. Não há, nem pode haver, "in rerum natura", corpos perfeitamente rígidos, como tampouco corpos perfeitamente elásticos; não se pode realizar uma medição perfeitamente exata. A perfeição não é deste mundo; sem dúvida, podemos nos aproximar dele, mas não podemos alcançá-la. Entre o dado empírico e o objeto teórico, resta sempre uma distância impossível de salvar.

> *É, então, que a imaginação entra em cena. Alegremente suprime a separação. Não se preocupa com as limitações que nos impõe o real. "Realiza" o ideal e inclusive o impossível. Opera com objetos teoricamente perfeitos, e são estes objetos os que o experimento imaginário põe em jogo.*
> ([**1978**], pp.207-208).

Com essa concepção de experimento, Koyré logra ainda mais uma aproximação com o platonismo, pois, de fato, nada seria mais platônico do que trabalhar uma

[159] Koyré, A.. **[1978]**, pp. 206-257.

ciência que se situa no mundo das idéias claras, dos conceitos teóricos. Assim, a experiência não pode mais do que confirmar a dedução: *Galileu, bem o sabemos, tem razão. A boa física se faz a priori.* ([**1978**], p. 257.)

Eis, portanto, por que se impõe, como ponto fundamental dessa visão, a eleição de uma linguagem e a decisão de adotá-la. E este aspecto, como ressalta ainda Koyré, não poderia ser determinado evidentemente pela experiência, pois vai ser essa mesma linguagem que tornará a experiência possível.

Esses dois aspectos que acabamos de enfocar, ou seja, a ciência como saber teórico e a experiência como *experimentum*, ou como ciência imaginativa e do pensamento, constituem, como bem colocou Carlo Vinti,[160] o novo estatuto epistemológico do saber científico e do conceito de experiência.

2.2 - A Geometrização da Natureza e da Ciência

Para alguns historiadores da Ciência e da Filosofia, uma das características da física moderna que se destaca como um dos seus traços mais distintivos é a introdução do princípio da inércia. Koyré, concordando com este ponto, considera que seja exato afirmar que tal princípio, implícito na Ciência de Galileu e explícito na de Descartes e na de Newton, ocupa um posto eminente na mecânica clássica em

[160] Vinti, C., Alexandre Koyré lettore di Copernico e di Galileo. [**1990**], p. 83.

contraste com a dos antigos. Para ele, no entanto, o mais importante é *explicar por que a física moderna foi capaz de adotar este princípio e compreender por que e como o princípio da inércia, que nos parece tão simples, tão claro, tão plausível e, inclusive evidente, adquiriu este estatuto de evidência e verdade 'a priori', enquanto que, para os gregos, assim como para os pensadores da Idade Média, a idéia de que um corpo, uma vez posto em movimento, continuará movendo-se sempre, parecia evidentemente falsa e, inclusive, absurda.* (Koyré, [**1978**], p. 153-154).

Para compreender melhor esta situação, deve-se ressaltar inicialmente que, ao lado do novo estatuto epistemológico do saber científico e do conceito de experiência, duas outras idéias (destacadas por Koyré) caracterizaram a atitude mental ou intelectual possibilitando a revolução científica que se desencadeou a partir do século XVI:

1. *A destruição do cosmos*, ou seja, a substituição do mundo aristotélico-medieval, finito e hierarquicamente ordenado, por um universo infinito, unido pela identidade dos seus elementos e pela uniformidade de suas leis;

2. *A geometrização do espaço*, isto é, a substituição da concepção aristotélica de um espaço concreto (conjunto de lugares) pela noção de espaço abstrato e homogêneo da geometria euclidiana, que

passa, a partir de então, a ser considerado real (a nova dinâmica).

Com a "destruição do universo", a tarefa dos fundadores da ciência moderna (e, entre eles, Galileu) não seria apenas uma questão de substituição de teorias errôneas por outras melhores. Seria algo muito mais profundo e radical: a destruição de um mundo e a sua substituição por outro, a implantação de uma nova cosmologia. E isto implicaria na elaboração de novas estruturas mentais, de novos conceitos, a substituição do conhecimento natural, do senso comum por um novo conceito de ciência que, pelo seu grau de abstratividade, se afastava do conhecimento intuitivo. Para Koyré, é isto que vai explicar *por que o descobrimento de coisas, de leis que hoje parecem tão simples que se ensinam às crianças - leis do movimento, lei da queda dos corpos - exigiu um esforço tão grande, tão árduo e, muitas vezes, vão, de alguns dos maiores gênios da humanidade, um Galileu, um Descartes.* ([**1978**], p.155)

Da mesma maneira como a nova cosmologia exigia um novo conceito de ciência que se afastava da forma intuitiva de conhecimento, a nova ciência exigia uma nova linguagem, a linguagem matemática (geométrica), que parecia, igualmente, antinatural. É que a física aristotélica, baseada na percepção do sensível, é, por esta razão, antimatemática. Desta maneira, não é admissível que fatos qualitativamente determinados pela experiência e pelo senso comum sejam substituídos por abstrações geométricas. Deste choque, outros se seguem:

> *Um espaço vazio (o do geômetra) destrói para sempre a concepção de ordem cósmica: em um espaço vazio, não apenas não existem lugares naturais, mas também não há, em abstrato, 'lugares'. (...) O físico examina coisas reais; o geômetra, razões a propósito de abstrações. Por conseguinte, sustenta Aristóteles, nada poderia ser mais perigoso que mesclar geometria e física e aplicar um método e um raciocínio puramente geométrico ao estudo da realidade física.*([**1978**], p. 163).

E, no entanto, para Galileu, o livro da natureza está escrito em caracteres geométricos:

> *La filosofia è scritta in questo grandissimo libro, che continuamente ci stà aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo) ma non si può intendere la lingua, e conoscer i caratteri, nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son trianguli, cerchi, ed altre figure geometriche senza i quali mezi è*

impossibile a intendere umanamente parola.(Galilei, G. Il Saggiatore)

Como se vê, então, uma nova concepção de cosmo, pressupõe uma nova linguagem para exprimi-la, e, assim, a matematização da natureza tem, por conseqüência, a matematização (geometrização) da ciência.

Destacados os contrastes, principalmente do ponto de vista do emprego de uma linguagem, entre a ciência moderna, inaugurada por Galileu, e a ciência aristotélica, Koyré procura igualmente estabelecer alguns dos pontos divergentes entre Platão e Aristóteles, para depois ressaltar os pontos semelhantes entre Platão e Galileu. Este aspecto se encontra muito bem expresso, de forma bastante clara e concisa, no trecho de Jacabi Mazzoni citado por Koyré.[161]

Como se sabe, diz Mazzoni, Platão acreditava que as matemáticas são particularmente apropriadas às investigações da física, por isso, ele mesmo recorreu a elas em várias ocasiões para explicar mistérios físicos. Aristóteles, porém, sustentava um ponto de vista muito diferente e explicava os erros de Platão por

[161] Jacobi Mazzoni, Caesanatis, in Almo Gymnasio Pisano Aristotelem Ordinarie Platonem Vero Extra Ordinem Profitentis in Universam Platonis et Aristotelis Philosophiam Praeludia, sive de comparatione Platonis et Aristoteles, Venecia, 1597, pp. 187 ss., apud Koyré, **[1978]**, p. 171.

> *sua excessiva adesão às matemáticas.* ([**1978**], p. 171).

A partir daí, Koyré prossegue, a cada passo, estabelecendo aproximações entre Platão e Galileu do ponto de vista do pensamento de ambos quanto ao emprego da matemática na ciência. Um dos pontos altos desta aproximação é a citação de Cavalieri que, em 1630, escreve o seu *Spechio Ustorio:*

> *Tudo o que traz (acrescenta) o conhecimento das ciências matemáticas que as célebres escolas dos pitagóricos e os platônicos consideravam como supremamente necessário para a compreensão das coisas físicas, aparecerá claramente pronto, espero, com a publicação da nova ciência do movimento prometida por este maravilhoso verificador da natureza Galileu Galilei.*[162]

De fato, o que anuncia Galileu, *o platônico,* (como Koyré agora o cognominou) em seus *Discorsi e Dimonstrazioni* é que *vai promover uma ciência completamente nova a propósito de um problema muito antigo* e que provará o que, até então, ninguém provara, ou seja, que o movimento dos graves está sujeito à lei

[162] Cavalieri, Buonaventura; *Lo spechio Ustorio o vero trattato delle settioni coniche ed alcuni loro mirabili effetti intorno al lume, etc.* Bologna, 1632, pp. 152 ss. (apud Koyré, **[1978]**, p. 175.)

dos números.[163] E, como observa Koyré, tanto para os discípulos de Galileu, quando para os seus contemporâneos e antepassados, o significado de *matemática* é o mesmo de *platonismo*. Não é, pois, sem razão, a certa altura do seu "*Galileu e Platão*", a quase exclamação: *Acabo de chamar Galileu de Platônico. Creio que ninguém duvida que o seja.* E conclui com o parágrafo que enfeixa o cerne de sua visão do platonismo de Galileu:

> *O 'Dialogo' e os 'Discorsi' nos contam a história do descobrimento, ou melhor ainda, do redescobrimento da linguagem que fala a natureza. Explicam-nos o modo de interrogá-la, ou seja, a teoria desta experimentação científica, na qual a formulação dos postulados e a dedução de suas conseqüências precedem e guiam o recurso à observação. Isto também pelo menos, para Galileu, é uma prova "de fato". A ciência nova é, para ele, uma prova experimental do platonismo.* ([**1978**], p. 179).

E fica aí implícito que, para Koyré, o *descobrimento* da linguagem que fala a natureza é devida a Platão, e o seu *redescobrimento*, a Galileu.

---

[163] Galileu Galilei, *Discorsi e dimonstrazioni Mathematiche in torno a due nuove scienze, Opere,* Ed. Naz., VIII, p. 190 (apud Koyré, A., **[1978]**, p. 175.

3- CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS: A ANÁLISE-E-SÍNTESE E GALILEU

Não é nosso objetivo, nesta seção, apresentar a posição dos principais críticos de Koyré quanto à sua visão da Ciência Galileana. Temos, antes, o intento de mostrar - e este será o nosso ponto principal - que as aproximações estabelecidas por Koyré entre Galileu e Platão, se levadas adiante ao nível de sua prática metodológica, poderiam revelar, com maior razão, uma conexão mais próxima com o modelo conceitual da análise-e-síntese.

Podemos dizer que, segundo Koyré, o que mais aproxima Galileu de Platão é o aspecto da matematização (geometrização) da Ciência. Estamos de acordo que essa conexão seja inegável, mas, se levarmos em consideração **a)** o que está exposto no Capítulo II sobre a origem da análise e **b)** as idéias básicas do racionalismo platonista apresentadas na primeira seção do presente capítulo, haveremos de concluir que, mais que platônica, a metodologia galileana seja analítico-sintética.

No Capítulo II, quando tratamos da Origem Geométrica da Análise, procuramos evidenciar, até por razões históricas, a primazia da análise-e-síntese como método geométrico, sem se descartar, contudo, a contribuição posterior de Platão na formulação filosófica do método. Mas lá também, em especial na

Seção 1. Platão e a Origem Filosófica da Análise, apresentam-se algumas das razões por que, para Cornford, por exemplo, a metodologia platonista se aproxima do método de análise. Todavia, embora a semelhança do método de Platão com a análise seja tão estreita a ponto de se lhe atribuir a autoria, ficou claro ser mais plausível que a metodologia geométrica é que o tenha influenciado na formulação do seu método.

Neste Capítulo, no item 1.1, na descrição apresentada por Brunschvicg do método platônico, especialmente quando trata da regressão analítica, é inegável, igualmente, a similaridade que se constata entre platonismo e o modelo da análise-e-síntese, inclusive a partir das investigações empreendidas por Hintikka e Remes quanto ao verdadeiro significado do método. No item 1.2, sobre a dialética sintética, aproximações análogas foram ressaltadas a partir de um paralelo que estabelecemos entre determinados aspectos da metodologia platonista e a visão de Hintikka e Remes (visão instancial) do método de análise-e-síntese. Na seção 2, que acabamos de ver, coube a Koyré a tarefa de aproximar Galileu e Platão.

Temos, portanto, de forma esquemática, a partir do que foi visto até agora, o estabelecimento das seguintes conexões:

1) A análise-e-síntese e <u>Platonismo</u>;

2) <u>Platonismo</u> e Ciência de Galileu.

A partir de 1) e 2), portanto, tem-se fortes razões para estabelecer a conexão:

3) Análise-e-síntese e Ciência Galileana.

Desta forma, se levarmos em conta:

a) serem fortemente relevantes as ligações apresentadas entre a análise-e-síntese da geometria e o método platonista (por terem sido estabelecidas, sobretudo, de forma interna, isto é, à luz de suas estruturas lógico-metodológicas próprias) e

b) ter sido evidenciada a primazia da estrutura geométrica na formulação do método de análise-e-síntese, temos, portanto, que considerar:

c) Serem fortes os indícios para acreditar que a metodologia galileana seja herdeira da análise-e-síntese dos antigos geômetras gregos.

Além disso, a partir de uma leitura atenta do seu artigo *Galileu e Platão,* pode-se observar - sem negar a sua grande contribuição para esclarecer importantes aspectos relacionados ao tema - que Koyré, ele mesmo, não entra em uma análise interna da estrutura do método, seja em Platão, seja em Galileu. (A questão do movimento do pensamento e os aspectos lógicos, por exemplo, não são considerados). Mas isto foi feito na primeira parte deste trabalho com relação ao método de análise e no confronto que procuramos estabelecer entre ambos, à luz de diversos argumentos lógicos e de referências históricas apresentadas pelos eminentes autores que compareceram a essa nossa investigação.

O que basicamente estabelece Koyré é uma análise, à luz da História da Ciência e da Filosofia, de aspectos relevantes da ciência moderna de que Galileu é um dos fundadores, para, a partir dessas características, associar o seu nome, à medida que o distancia de Aristóteles, à tradição arquimediana de platonismo. Conclui, sobretudo, que Galileu é um platonista baseado, fundamentalmente, na constatação do uso que ambos fizeram da matemática na Ciência. Tudo isto é necessário, mas não é suficiente.

Desta maneira, podemos, então sugerir que, caso Koyré tivesse empreendido igualmente uma análise interna dos procedimentos metodológicos platonistas e galilaicos, teria sido capaz de enxergar a fonte de onde Platão assimilou o seu método, e a sua contribuição para a formulação do método, na filosofia, nos moldes da análise geométrica. Mais que isso, ao estabelecer a aproximação Platão e Galileu, compreenderia ter sido este também um genuíno herdeiro da tradição da metodologia dos geômetras gregos.

Essa conjectura mais se robustece se considerarmos que todas as razões que Koyré tem para associar o nome de Galileu ao Platonismo, são igualmente válidas (além de outras mais específicas) para conectar o nome de Galileu ao método de análise-e-síntese. Assim sendo:

a) Se existem boas razões para se associar o método de análise a Platão e

b) se existem boas razões para se associar o método de Platão ao de Galileu, então,

c) não faltarão boas razões para associar o método dos geômetras gregos à metodologia galileana.

Mas uma objeção pode ser, aqui, levantada: de que também nós ficamos a dever esta análise interna da estrutura metodológica de Galileu. Isto é bem verdade, e quanto a este ponto, temos a dizer que este aspecto deverá ser enfocado adiante, no capítulo específico sobre a metodologia Galileana e a análise-e-síntese. Todavia, um esboço dessa conexão pode ser aqui apresentado, a partir de uma abordagem de um trecho do próprio Koyré, na conclusão de um seus *Estudos Galilaicos*, "A lei da Queda dos Corpos - Descartes e Galileu".

> *O andamento do raciocínio galilaico é, bem se vê, fiel a si mesmo. No* ***Diálogo*** *e nos* ***Discursos*** *(...) ele é, se assim se pode dizer, regressivo, "resolutivo", analítico no sentido mais profundo deste termo. De fato, dos dados experimentais, dos "sintomas" do movimento acelerado, Galileu remonta - ou desce - à sua definição essencial. (...) Ele busca o princípio, isto é, a essência desse movimento, a qual, traduzida em definição, permitirá deduzir e demonstrar os seus acidentes e sintomas.* (Koyré, [**1986**], p. 193).

Não resta dúvida de que, neste trecho, Koyré parece estabelecer uma conexão do raciocínio galilaico com o método de análise-e-síntese, mas, se ressente da falta de um aparato conceitual lógico indispensável a uma inspeção interna da estrutura do método. Desta forma, o seu texto deixa a desejar quanto à abordagem da estratégia do método.

Uma evidência disso é que, embora afirme que o raciocínio galilaico seja, ***se assim se pode dizer,*** *regressivo, "resolutivo",* ***analítico*** *no sentido mais profundo do termo,* não deixa claro qual seja o movimento que remonta ou desce à definição essencial, nem quando nem como o princípio lhe permite ***deduzir*** e ***demonstrar*** os acidentes e sintomas do movimento acelerado. Em suma, não fica claro até que ponto o raciocínio é "***resolutivo***", nem quando é "***compositivo***".

Como se percebe, a própria expressão ***se assim se pode dizer*** nos revela a precaução de Koyré ao tratar de conceitos de cujo emprego não está muito seguro dentro do contexto lógico-metodológico. Mas este aspecto pode ser bem clarificado dentro da estrutura da análise-e-síntese:

Assim sendo, tem-se o movimento **regressivo**, como movimento típico da análise, na busca de antecedentes quando **remonta**, na direção do princípio (a definição). Neste aspecto, a análise é **demonstrativa**, no sentido de que fica demonstrado que o que se deseja provar, repousa, em última instância, no princípio, ou seja, que da conclusão a que se pretende chegar (os *sintomas ou acidentes),* remonta-se ao princípio (*definição*). E até este ponto o raciocínio é **resolutivo**.

Mas, a partir do princípio, pela síntese, que é o movimento reverso da análise, o raciocínio **desce** na direção dos *sintomas* ou *acidentes*, conclusão que é **deduzida** necessariamente do princípio (*definição*).

Temos, assim, a prova dos *sintomas do movimento acelerado*, a partir do princípio. E o raciocínio aí seguido é **compositivo**.

Agora, estamos de acordo com Koyré quando afirma, neste mesmo *Estudo*, que a atitude de Galileu não seja puramente matemática, mas físico-matemática. Eis por que procuramos sustentar - e esta é a nossa tese principal - que a análise-e-síntese se constitui, para Galileu em **modelo conceitual metodológico** de sua ciência, que não é **matemática**, é **física**.

Por outro lado, embora Koyré tenha sido um dos melhores intérpretes da metodologia Galileana, em especial na compreensão da ascensão dialética (analítica), ao associá-lo excessivamente a Platão, subestimou as experiências e as observações como parte do contexto metodológico galileano.

O contrário ocorre, como será visto no capítulo seguinte, com a visão Popperiana da metodologia de Galileu.

CAPÍTULO VI: A VISÃO DEDUTIVISTA - EXPERIMENTALISTA DO MÉTODO DE GALILEU

Neste capítulo estaremos considerando como Galileu é visto e não e visto pela metodologia dedutivista das conjecturas e refutações.

Em um primeiro momento levantaremos os aspectos de maior relevância dessa concepção metodológica à luz da qual, em seguida, estaremos analisando como Galileu é considerado e como deixa de ser em diversos momentos gloriosos dessa concepção metodológica.

Por fim, serão vistas algumas considerações críticas importantes da visão de Popper, sobretudo feitas por Thomas Kuhn e Lakatos, que servirão de pressupostos para as nossas discussões no capítulo seguinte, referente à visão de Galileu na ótica do anarquismo metodológico.

1 - UM OLHAR RETROSPECTIVO SOBRE A CONCEPÇÃO POPPERIANA DE MÉTODO CIENTÍFICO

1.1 - Descoberta e Justificação:

Diferentemente de toda essa tradição de método em ciência, como discutida na primeira parte deste trabalho (sobretudo no capítulo I), há uma outra visão, com ampla repercussão no século XX, representada principalmente por Karl Popper.

Com relação a esse aspecto, a primeira grande diferença - herança do positivismo lógico - é o total abandono dos métodos de descoberta. Para a Ciência, assim, não interessa como se tenha chegado a essa ou àquela teoria, ou *hipótese conjectural ousada*, mas o que importa é possibiliad de submetê-la a prova.

Deste modo, diferentemente da visão de ciência complexa, que combina metodologicamente *invenção* e *prova* e em que contexto de descoberta e contexto de justificação fazem parte da atividade do cientista inventivo e racionalmente construtivo, passa-se a ter uma ruptura entre descoberta e justificação e, mais radical ainda, uma visão de que o chamado contexto da descoberta não interessaria à ciência como atividade racional, exatamente por não ser possível reconstruí-lo racionalmente.

Assim, o *processo* de invenção ou criação das hipóteses em ciência (não o *método*, pois Popper é cuidadoso na linguagem) passa a ser visto como mera curiosidade de uma certa história da ciência, ou quando muito, objeto de investigação de uma certa psicologia da criação.

Mas vamos rever isso dito pelo próprio Popper... E como um eco das minhas primeiras aulas de Filosofia da Ciência, me ocorre o trecho:

> *O ato de conceber ou inventar uma teoria parece-me não reclamar análise lógica, nem ser dela suscetível. A questão de saber como uma idéia nova ocorre ao homem – trate-se de um tema musical, de um conflito dramático ou de uma teoria científica – pode revestir-se de grande interesse para a psicologia empírica, mas não interessa à análise lógica do conhecimento científico.*
> (Popper, **1975**, p. 31).

A passagem seguinte é mais incisiva ainda com respeito ao domínio da aplicação da "lógica do conhecimento":

> *Por conseguinte, distinguirei nitidamente entre o processo de conceber uma idéia nova e os métodos e resultados de seu exame sob um prisma lógico. Quanto à tarefa que toca à lógica do conhecimento – em oposição à psicologia do conhecimento – partirei da suposição de que ela consiste apenas em investigar os métodos empregados nas provas*

> *sistemáticas a que toda idéia nova deve se submeter para que possa ser levada em consideração.* (Popper, **1975**, p. 31).

1.2 - Teoria, Dedução e Experimentação: Conjecturas e Refutações:

À metodologia científica e, em particular, à metodologia popperiana, o que interessa é o processo de avaliação das teorias, vistas como conjecturas altamente prováveis, mas cuja verdade jamais se será capaz de conhecer. O papel da Ciência é, pois, propor essas teorias, conjecturar a respeito da realidade, expor suas teorias a severos testes com o objetivo de refutá-las e partir em busca de teorias melhores, mais abrangentes, de maior poder explicativo.[164]

> *Afirmei anteriormente que o trabalho do cientista consiste em elaborar teorias e pô-la à prova.* (Popper, [**1975**], p. 31).

O método adotado por Popper é o método hipotético-dedutivo, ou, como prefere ele chamar, o das conjecturas e refutações, pois, de fato, a lógica desse método é a lógica da refutação.

Do ponto de vista lógico, a situação é a de que, embora nunca possamos saber se uma teoria é verdadeira,

[164] Ver bibliografia: Popper.

poderemos estar seguros de que são falsas.[165] E isso se dá pela aplicação da regra de *Modus Tollens*, da lógica clássica, como operador de falseamento da teoria.

$$\frac{\begin{array}{l} H \rightarrow C \\ \sim C \end{array}}{\sim H}$$

Onde H é tomada como uma hipótese da ciência (Teoria ou lei na forma generalizada "$\forall x(\mathcal{A}x \rightarrow \mathcal{B}x)$", onde $\mathcal{A}$ e $\mathcal{B}$ podem representar estruturas mais complexas) e C uma conseqüência de H.

A situação dessa lógica é facilmente compreensível, como bem colocou Popper: Por maior que seja o número de conseqüências verdadeiras de H, jamais poderão elas validar H como verdadeira. Todavia, basta uma conseqüência falsa de H, para falseá-la. Essa é a situação lógica.

Do ponto de vista lógico-metodológico, a prova da teoria (T) a partir de suas conseqüências $(C_1, C_2, \ldots C_n)$) é algo mais complexo.

Antes de tudo, T deve permitir tirar conclusões por meio de dedução lógica, como forma de possibilitar que seja submetida a prova.

Para se proceder a essa prova, segundo Popper, depois de extraídas as conseqüências de T, pode-se seguir quatro linhas diferentes:

[165] Estes aspectos se encontram todos elegantemente expostos na Lógica da Pesquisa Científica. Popper, K. 1975.

a) Comparação lógica das conseqüências entre si, permitindo que se ponha à prova a coerência interna do sistema. (Deste modo, T não pode permitir conseqüências do tipo C e ~C);

b) Investigação da forma lógica de T, objetivando determinar o seu caráter empírico ou científico ou meramente tautológico;

c) Comparação com outras teorias objetivando, sobretudo *determinar se a teoria representará um avanço de ordem científica no caso de passar satisfatoriamente pelas várias provas;*

d) *Comprovação da teoria por meio de aplicações empíricas das conclusões que dela se possam deduzir.* (Popper, 1975, p.33).

Essa, a lógica geral do método popperiano.

A comprovação da teoria se dá a partir da contrastação de uma conseqüência empiricamente observável, extraída da teoria em combinação com certos *enunciados previamente aceitos, através de experimentos puramente científicos ou por aplicações tecnológicas práticas.* (Popper, 1975, p.33).

Como resultado dos experimentos efetuados para a comprovação empírica da teoria (sobretudo os experimentos cruciais, ou seja, os que põem a teoria em risco de iminente refutação por estar em jogo uma conseqüência observacional que diz respeito ao significado próprio da teoria) temos a corroboração da teoria, caso esta resista ao teste, ou, em caso contrário, a sua refutação.

Deste modo, em Popper, o falseamento de uma teoria resulta de um procedimento lógico, e refutação, de uma decisão lógico-metodológica.

Em suma, o método científico para Popper, - "o mais racional", segundo ele - é o das conjecturas e refutações, título, aliás, de uma das suas mais importantes obras, da qual, para encerrar esta seção, transcrevemos o trecho abaixo:

> *Não existe método mais racional do que o método do ensaio e erro - de conjectura e refutação: de proposição audaz de teorias; de esforços no sentido de demonstrar que elas são errôneas; e de sua aceitação, a título precário, se os nossos esforços críticos forem coroados de êxito.* (Popper, 1972).

2 - UMA VISÃO DE GALILEU NA ÓTICA POPPERIANA: ANÁLISE E CRÍICA

A ciência de Galileu exerce um peculiar fascínio sobre os filósofos e historiadores da Ciência, mas, em especial, sobre os filósofos da ciência.

É interessante observar, no entanto, que, no tocante a esse aspecto, muitos desses filósofos, se não quase todos, costumam representar Galileu exatamente como exemplo do cientista segundo a concepção metodológica que assumem. Popper procede diferentemente. Ele mostra onde Galileu age como um cientista "popperiano" e mostra também quando não o faz. E, em ambos os casos - e este é um aspecto que pretendemos mostrar ao longo deste capítulo, - o próprio Popper nos dá pistas para uma outra visão da metodologia de Galileu, sob a ótica da análise-e-síntese.

A partir de algumas citações de Popper que serão analisadas e discutidas, vamos procurar explicitar a visão de Popper sobre o método de Galileu. Antes de tudo, porém, queremos deixar claro que a nossa discussão será, sobretudo, de ordem metodológica.

Iniciemos com uma passagem de Popper (com grifos nossos) cuja transcrição fazemos questão de não seccionar, onde a prática de Galileu parece se coadunar bem, metodologicamente falando, aos moldes do cientista popperiano.

> *Como verdadeiro cosmólogo e teórico, Galileu, desde muito, fora atraído pela incrível ousadia e simplicidade da principal idéia de Copérnico, a idéia de que a Terra e os outros planetas são luas do Sol. O poder explicativo desta audaciosa idéia era muito grande; e quando Galileu* ***descobriu*** *as luas de*

Júpiter, reconhecendo nelas um pequeno modelo do sistema solar, viu nisto uma corroboração empírica dessa ousada concepção, apesar de seu caráter altamente especulativo e quase "a priori". Além de tudo isso, ele havia sido bem sucedido em testar uma predição derivável da teoria de Copérnico: predizia que os planetas interiores mostrariam fases como as da lua; e Galileu conseguiu observar as fases de Vênus.

Como a teoria de Ptolomeu, a teoria de Copérnico era essencialmente um modelo cosmológico construído por meios geométricos (e cinemáticos). Mas Galileu era um físico. Sabia que o problema real era encontrar uma explicação física mecânica (ou transmecânica); e efetivamente **descobriu** *alguns dos elementos de tal explicação, especialmente as leis da inércia e a correspondente lei da conservação para os movimentos rotativos.* (1975a, p.166-167).

Observa-se, aí, na própria narrativa de Popper, todo um aparato de conceitos que bem amoldam Galileu ao modelo metodológico das conjecturas e refutações, como visto anteriormente. E Popper não está errado. Mas isso não significa dizer que ele esteja totalmente certo.

Como observamos antes, mesmo numa narrativa assim, podemos encontrar pistas de uma forma alternativa de encarar a metodologia de Galileu. Vejamos aqui dois pontos relativos aos dois momentos distintos em que Popper se utiliza do verbo ***descobrir*** em relação a Galileu, a partir dos quais discutiremos outras questões contextuais.

A nossa tese central aqui é que Popper se utiliza, por duas vezes, no mesmo texto, do verbo descobrir, em relação a Galileu, mas em contextos diferentes: no primeiro caso, em um contexto empírico e, no segundo, em um contexto teórico-metodológico que, em nossa opinião, não é explicável na teoria do método de Popper.

Constata-se, inicialmente, sem grande esforço, que as afirmativas ***a)*** *"Galileu* ***descobriu*** *as luas de Júpiter"* e ***b)*** "(Galileu) ***descobriu*** (...) *especialmente as leis da inércia e a correspondente lei da conservação para os movimentos rotativos"*, enunciam, de fato, tipos distintos de descobertas, em contextos bem diferentes.

O primeiro tipo de descoberta de Galileu é algo muito "normal" no contexto empírico popperiano, significa que, orientado pela teoria, Galileu observou e viu o que não tinha sido visto antes: as luas de júpiter. O sentido desta forma de descoberta é logo adiante, no mesmo texto, explicitado por Popper:

> *Além de tudo isso, ele havia sido bem sucedido em testar uma predição derivável da teoria de Copérnico:* predizia que os planetas interiores mostrariam fases como as da lua; e Galileu conseguiu observar as fases de Vênus.

Como vemos aí, baseado na teoria, em especial em uma conseqüência dessa teoria, Galileu observou e descobriu uma evidência empírica que era um caso confirmatório da teoria.

Assim, "descobrir" aqui significa encontrar uma evidência observacional empírica, confirmatória de uma conseqüência logicamente deduzida da teoria. Neste caso, portanto, estamos em um contexto de "prova" da teoria, como convém ao cientista popperiano, mas que igualmente faz parte de um segundo momento da metodologia galileana.

No segundo caso, a situação se torna mais complicada para o cientista popperiano. Quando Popper afirma que Galileu **descobriu** *especialmente as leis da inércia e a correspondente lei da conservação para os movimentos rotativos,* não podemos dizer que estejamos no mesmo contexto de antes. Essa descoberta é realizada de forma bastante diferente. E Popper nos dá pistas disso, no trecho imediatamente anterior que vamos ajuntar a essa citação:

> *Como a teoria de Ptolomeu, a teoria de Copérnico era essencialmente um modelo cosmológico*

> *<u>construído por meios geométricos</u> (e cinemáticos). <u>Mas Galileu era um físico</u>. Sabia que o problema real era encontrar uma explicação física mecânica (ou transmecânica); e efetivamente* ***descobriu*** *alguns dos elementos de tal explicação, especialmente <u>as leis da inércia e a correspondente lei da conservação para os movimentos rotativos</u>.*

(Antes de retomarmos o nosso ponto, é interessante observar que aquilo que mais incomoda Popper, em Galileu, é exatamente o que deixa Koyré mais confortável, e o que mais desconforta Koyré é exatamente o que mais tranqüiliza Popper).

As leis da inércia e a correspondente lei da conservação para os movimentos rotativos não são descobertas que possam ser feitas por observação como aquelas do primeiro caso. Não se trata, aqui, de descobrir evidências empíricas como casos confirmatórios de uma conseqüência da teoria e que, de algum modo, possam "corroborá-la". Trata-se de um outro tipo de descoberta dentro de um outro contexto, da descoberta a nível "teórico", de algo que faltava à *teoria de Copérnico, que era essencialmente um modelo cosmológico <u>construído por meios geométricos</u> (e cinemáticos)*. E embora a teoria do método de Popper não dê conta dessa situação, ela se torna compreensível na ótica da "análise teórica", método de origem geométrica.

Deste modo, talvez sem se dar conta, Popper nos fornece pistas. O fato de a teoria ser construída por meios geométricos o incomoda, mas não incomodou a Galileu que, valendo-se desse modelo teórico, consegui, reunindo descrições de fatos e supondo o que poderia sustentá-los, "descobir" as hipóteses que têm sustentação em princípios geométricos, igualmente integrantes da teoria. Assim a teoria não é somente geométrica, é também uma teoria física, pois como bem disse Popper: *Galileu é um físico*.

Em conclusão, esta descoberta de Galileu não pode ser explicada a não ser em um autêntico contexto de descoberta e não de justificação da teoria. E, deste modo, fica claro, que Galileu não é exatamente esse cientista Popperiano.

Passemos, agora, à análise de outros textos Popperianos que nos revelarão faces distintas de Galileu.

Como dizíamos no início, Popper, diferentemente de muitos filósofos que costumam representar Galileu como exemplo do cientista que procede em conformidade com a sua concepção de ciência, foge um pouco a essa regra. Diferentemente daqueles que tentam ajustar toda a prática metodológica de Galileu à sua visão de Ciência, a concepção de Popper sobre a ciência de Galileu é uma das mais honestas, no sentido da transparência com que explicita aquilo que aceita e o que não aceita na concepção de Galileu. E isso é muito bom ao nosso propósito aqui.

No conhecidíssimo "Três Concepções Acerca do Conhecimento Humano", Popper, ([**1975b**], p. 392) ao analisar a concepção essencialista de ciência, distingue três pontos da filosofia galileana que ele denomina de *doutrinas,* dos quais incorpora o primeiro à sua concepção e rechaça as duas últimas.

A nossa tarefa será, pois, a de examinar, por um lado, a parte da doutrina de Galileu que é aceita por Popper e investigar que razões tem ele para defendê-la, e, por outro lado, a parte que é rejeitada e por quê.

Vejamos esses pontos e, ao final, examinemos cada um deles[166]:

> (1) *O cientista aspira a encontrar uma teoria ou descrição verdadeira do mundo ("e especialmente de suas regularidades ou leis") que seja também uma explicação dos fatos observáveis. ("isto significa que uma descrição destes fatos deve ser dedutível da teoria em conjunção com certos enunciados, os chamados 'condições iniciais'").*
> *- Esta é a doutrina que desejo defender (...).*
>
> (2) *O cientista pode ter sucesso em estabelecer finalmente a*

[166] Popper, K. **1975b**, p. 392. Na transcrição que fazemos, os trechos com grifos nossos são comentários de Popper.

verdade de tais teorias, além de toda dúvida razoável.

- Penso que esta segunda doutrina requer correção. Tudo o que o cientista faz, em minha opinião, é testar suas teorias e eliminar todas aquelas que não resistem aos mais severos testes.

(3) *As melhores teorias, as verdadeiramente científicas, descrevem as "essências" ou as "naturezas essenciais" das coisas - que estão por trás das aparências.*

- Tais teorias não precisam nem são suscetíveis de uma explicação ulterior: elas são explicações últimas e encontrá-las é o objetivo final do cientista.

Popper, com a transparência a que me referi, sustenta a parte (1) e rejeita as partes (2) e (3) da concepção de ciência em Galileu.

No nosso ponto de vista é mais fácil entender as razões por que Popper rejeita as partes (2) e (3), do que explicar consistentemente por que ele aceita a parte (1). Desta forma, comecemos pelas partes (2) e (3). Passemos, pois, ao exame de tais situações.

Uma assertiva como a que é feita em (2), de que *o cientista pode ter sucesso em estabelecer finalmente a verdade de tais teorias além de toda* *dúvida razoável*, não poderia mesmo ser aceita à luz da metodologia das conjecturas e refutações. E nisso se manifesta, mais uma vez, a posição transparente de Popper. Todavia, uma tal situação poderia ser compreendida na ótica de um método de descoberta, e não de prova, quando se faz a "hipótese" ou "teoria" suposta como verdadeira subir a princípios (algo reconhecido como verdadeiro) "além de toda dúvida razoável", como convém ao que se chama de princípios. Mas, como o contexto de descoberta não faz parte do "racionalismo" de Popper, facilmente fica entendida a razão de sua rejeição.

O ponto (3) o de que as teorias descrevem *"essências", "naturezas essenciais" das coisas – as realidades ocultas nas aparências"*, de forma alguma poderia ser explicado ou aceito à luz da metodologia popperiana. E Popper, mais uma vez diz isso com todas as letras. Mas examinemos por quê.

Embora a rejeição da metafísica por Popper tenha se dado por razões diferentes daquela dos positivistas lógicos, fato é que a sua metodologia rejeita qualquer lampejo metafísico, mesmo que seja de uma "metafísica esclarecida", de um "aristotelismo modificado". Por outro lado, na tradição de que Galileu, Bacon, Descartes e Newton se fizeram herdeiros, os antigos métodos de descoberta eram também chamados de métodos metafísicos, e, assim, no bojo da rejeição da metafísica, lá se foram os métodos de descoberta como importante parte do trabalho dessa tradição científica.

O problema é que Popper - embora o seu cientista seja diferente do cientista kuhniano, - está preocupado em estabelecer, semelhantemente a Thomas Kuhn, um padrão de cientista que incorpore todos os ideais de sua concepção metodológica de ciência. E Galileu, pelas "doutrinas" (1) e (2) não se encaixa nesse perfil do cientista popperiano.

É tempo agora de considerarmos o ponto (1), ou seja, o de que *o cientista aspira a encontrar uma teoria ou descrição verdadeira do mundo (...) que seja também uma explicação dos fatos observáveis,* [167] que representa a parte da filosofia de Galileu defendida e "incorporada" por Popper.

Dizíamos no início que este ponto (1) embora seja o de concordância de Popper com Galileu, não é o mais fácil de explicar de modo consistente. E isso ocorre porque, depois das complementações que Popper insere entre parênteses, ficamos diante de um Galileu praticante do método popperiano das conjecturas e refutações.

Essa projeção popperiana, embora parcialmente represente uma situação metodológica, não é inteiramente rechaçável por considerar um aspecto importante da metodologia de Galileu. De toda maneira, em nossa opinião, este ponto merece ainda alguns reparos.

[167] Para efeito de termos inteira e sem interrupções a concepção de Galileu, excluímos aqui os comentários de Popper entre parentes, cujas supressões são indicadas por "(...)".

Galileu - como bem colocou Popper - entende que *uma teoria, ou descrição verdadeira do mundo, seja também uma explicação dos fatos observáveis.* A essa afirmativa Popper acrescenta: "*isto significa que uma descrição destes fatos deve ser dedutível da teoria em conjunção com certos enunciados, os chamados 'condições iniciais'*".

Não resta dúvida de que, para Galileu *uma teoria, ou descrição verdadeira do mundo, seja também uma explicação dos fatos observáveis*, mas, na sua metodologia, a ligação entre os princípios (seus enunciados), as hipóteses intermediárias (as teorias) e os enunciados dos fatos, <u>em um primeiro momento</u>, se alcança por um raciocínio ascendente, uma certa forma de "subsunção", para utilizarmos um termo Popper-hempeliano. Isto Popper não considera.

<u>Em um segundo momento</u>, a ligação entre a *descrição dos fatos* e a *teoria* se dá (<u>em sentido reverso</u>) pela dedução do que se deseja explicar, a partir da teoria (<u>hipótese intermediária</u>, <u>sustentada no princípio</u>), e *certos enunciados, os chamados 'condições iniciais'*.

Isto é considerado por Popper, sem a necessidade das partes grifadas entre parênteses, as quais, como se observa, <u>modifica</u> um pouco a sua visão. Mas isso foi feito de propósito, porque é isso mesmo que ele faz ao apresentar a "doutrina" (1) de Galileu, que ele - Popper - defende e incorpora.

Mas, sem entrarmos no mérito da natureza convencional dos enunciados das condições iniciais, é, no mínimo duvidoso, que a dedução de Galileu seja feita **só** em "conjunção com certos enunciados, os chamados condições iniciais" nos moldes popperianos. A sintaxe e a semântica galileana seriam as mesmas?

Para analisarmos este aspecto, de forma consistente com o próprio sistema Popperiano, convém considerarmos aqui, ainda que brevemente, a estrutura da explicação científica nos moldes do Método Hipotético-Dedutivo (Popper / Hempel).

Segundo essa metodologia, a estrutura de uma explicação se compõe de dois conjuntos de enunciados:

1) O *Explanans:* {L_1, L_2,..., L_n (enunciados das leis gerais) e C_1, C_2,..., C_n (enunciados singulares das condições iniciais)};

2) O *Explanandum*: {E - enunciado que descreve o evento a ser explicado}.

Explicar significa deduzir logicamente o *explanandum* do *explanans*, mediante os requisitos lógicos e empíricos postos por Hempel[168] no modelo Hempel-Popper de explicação.

Uma das condições - que é interessante e significativa ao nosso propósito aqui - estipula que deva haver um isomorfismo entre explicação e predição.

[168] Veja-se o extenso trabalho de Hempel, Carl G. 1970, em especial o capítulo 10.

Assim, ambas - explicação e predição - possuem a mesma estrutura lógica, residindo a diferença apenas em uma questão de ordem prática. Na predição, dispomos da teoria (ou da lei geral) e dos enunciados das condições iniciais de que deduzimos o evento que deverá ocorrer; na explicação, dispomos de **E** (a descrição do evento a ser explicado) e dos enunciados das condições antecedentes, e devemos ***por subsunção***, ir ao encontro do enunciado geral, a partir do qual, conjuntamente com os enunciados das condições iniciais, deduz-se **E**. De fato, não resta dúvida de que o produto lógico acabado é o mesmo.

Galileu, como será visto no capítulo VIII, quando procurava a explicação de um fato, buscava descobrir a hipótese e o princípio do qual **E** (a descrição do fato) pudesse ser deduzida, e esse caminho de descoberta também fazia parte da sua metodologia. Enquanto isso, a teoria da Explicação de Popper-Hempel, por não considerar o processo de descoberta, fica devendo uma explicitação de qual seja a lógica (ou psicologia) dessa "**subsunção**".

Em Popper, com certeza, não se deduz a lei abrangente a partir de "E". Logo, a subsunção não é um processo dedutivo. Mas, neste caso, o que se poderia alegar é que, independentemente de como se tenha chegado à lei abrangente, o que importa é que "E", de fato, é deduzido desse enunciado da lei abrangente. O produto lógico acabado é uma dedução, e o que interessa é provar que ela está correta.

Mas, na teoria da explicação, a subsunção é feita. E é um processo racional. Mas é, através da subsunção, que se chega à lei abrangente da qual se deduz **E**. Desta forma, ao aplicarmos aqui o mesmo ***modus tollens,*** regra metodológica popperiana, como regra metametodológica, chegamos a um impasse:

1) A subsunção a leis gerais nos possibilita chegar ao enunciado geral do qual se deduz **E**.

2) Se a subsunção a leis gerais nos possibilita chegar ao enunciado geral do qual se deduz **E**, então é um processo de descoberta.

3) Mas, se a subsunção é um processo de descoberta, não é racional.

4) Como subsunção a leis abrangentes é um processo racional.

5) Logo... a)não é um processo de descoberta e
b) não possibilita chegar às leis abrangentes, (o que contraria 1, o pressuposto inicial).

Desta forma, embora Popper expresse uma situação próxima à ciência de Galileu, defendemos que tal situação só seria consistentemente compreensível dentro da visão da análise-e-síntese, em especial a partir das investigações de Hintikka e Remes.

Conseqüentemente, por excluir como racional o processo de descoberta, elemento característico da metodologia galileana, mesmo a parte da "doutrina de

Galileu" que Popper defende e incorpora, encerra um componente do qual a sua metodologia não consegue dar conta.

3- CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS: UMA VISÃO PARCIAL DA METODOLOGIA DE GALILEU

Para finalizarmos este capítulo e como forma de retomarmos alguns dos temas que estarão na base de algumas discussões que serão conduzidas no próximo capítulo, convém agora, levantar alguns comentários críticos bastante conhecidos sobre a metodologia de Popper.

Grande fascínio exerceu Popper e muito sucesso ao estabelecer o seu critério de demarcação entre ciência e não-ciência, em propor uma solução para o problema da indução, em apresentar novos critérios para a erradicação da metafísica do *corpus* científico, em estabelecer critérios para a refutação de uma teoria por experimentos cruciais e para a substituição de uma teoria por outra de maior poder explicativo. Por tudo isso e muitos outros feitos, a sua concepção de método ensejou uma larga produção na filosofia da ciência no século XX. A Filosofia de Popper, dado o seu caráter de novidade e de argúcia, ocupou o centro das discussões nos círculos acadêmicos, onde as suas idéias eram literalmente "idolatradas". Mas será que não estaríamos mesmo diante de um *ídolo do teatro*?[169]

[169] No sentido Baconiano. Veja-se Cap. I.

Esse era um contexto propício ao surgimento de uma visão como a de Thomas Kuhn. Procurou ele mostrar a excessiva ênfase dada por Popper à chamada ciência extraordinária. O que Popper aponta - afirmava Kuhn - de fato, ocorre. Mas apenas extraordinariamente, e, deste modo, o cientista "normal" está sendo esquecido no seu fazer cotidiano de ciência. A ciência normal segue paradigmas, que são as teorias dominantes, comumente aceitas pela comunidade científica e à luz das quais se faz o trabalho científico. O papel do cientista kuhniano não é propor e, em seguida, expor as suas teorias a testes cruciais com o objetivo de refutá-las. A sua função é, antes, solucionar problemas com as teorias de que dispõe. E, se nisso não for bem sucedido, talvez o problema decorra de sua pouca habilidade em trabalhar com a teoria e não da própria teoria. As conseqüências que momentaneamente não se coadunarem a essas teorias, devem ser vistas pelo cientista como anomalias que não podem desviá-lo da sua prática. Thomas Kuhn, deste modo, introduz os conceitos de ciência normal e ciência extraordinária, ou revolucionária.

Popper admite que o cientista normal existe, mas estranha que ele, Thomas Kuhn, considere normal o que chama de normal. Pois, para Popper, ao cientista "normal" falta ousadia, criatividade e, sobretudo, crítica no seu trabalho com as teorias.

Apesar das críticas de Tomas Kuhn[170], essas continuavam assumindo os mesmos pressupostos básicos da

[170] Esses temas fazem parte da famosa polêmica Kuhn-Popper. Veja-se Lakatos, I e Musgrave,A. A crítica e o Desenvolvimento da Conhecimento. Edusp, São Paulo, 1979.

metodologia popperiana: o papel do cientista e mesmo do filósofo diante de teorias já prontas como produtos científicos. Todavia, foi Thomas Kuhn que teve o mérito de desvelar que Popper *representava* o método na ciência a partir do *papel* que conferia ao cientista em momentos privilegiados da história da ciência.

Essa "deixa"[171] foi magistralmente retomada por Lakkatos em outro registro, História da Ciência e Suas Reconstruções Racionais,(**1974**) em que desvela que a filosofia da ciência proporciona metodologias normativas em termos das quais se reconstrói a história da ciência. E, analisando as metodologias rivais, aponta por que filósofos com visões metodológicas tão diferentes exibem, muitas vezes, o mesmo cientista como exemplo vitorioso das suas concepção. É que à luz de sua metodologia ele só reconstrói a parte "significativa", racionalmente considerada à luz da metodologia previamente assumida de forma implícita ou explícita. Tudo o mais é história externa.

Essa indicação de Lakatos nos possibilita agora alargar a compreensão das razões por que toda a primeira parte do método galileano da descoberta, da inventividade é desconsiderado por Popper.

E, em razão disso, a visão "racionalmente reconstruída" da metodologia de Galileu por Popper, embora possa até parecer correta, se constitui, como não poderia deixar de ser, em uma visão irreparavelmente parcial.

[171] Termo utilizado em teatro para designar a última fala de um ator que indica a ocasião da entrada da fala de outro ator em cena.

<u>CAPÍTULO VII</u>: A METODOLOGIA DE GALILEU NA VISÃO DO ANARQUISMO METODOLÓGICO

São sobejamente conhecidas as teses fundamentais do anarquismo metodológico representado principalmente por Paul Feyerabend. A nossa tarefa, neste capítulo, será a de revê-las em seus aspectos mais relevantes ao nosso propósito e, ao mesmo tempo, examinar de que maneira é concebida a metodologia galileana segundo essa visão. Estes pontos, que serão tratados nas duas primeiras seções deste capítulo, merecerão considerações críticas na terceira, onde destacaremos também alguns dos importantes aspectos dessa concepção com os quais concordamos, embora distintas sejam as nossas conclusões.

1- <u>AS TESES FUNDAMENTAIS DO ANARQUISMO METODOLÓGICO</u>

Podemos dizer que o ponto de partida do Anarquismo Metodológico é a idéia de que *a Ciência é um empreendimento essencialmente anárquico*, e é em razão desse anarquismo que a ciência é estimulada ao progresso, pois qualquer ordem ou lei que gerisse a *demarche* científica teria apenas a capacidade de inibi-la e não fazê-la avançar. Diante deste quadro, sentencia Feyerabend que *o único princípio que não inibe o progresso é: o "tudo vale"*. (1989, p. 29.).

Já de saída, no entanto, podemos ressaltar a que tipo de método se opõe Paul Feyerabend: é a um método normativista e ditatorial. Essa idéia bem se pode depreender a partir mesmo do início de sua obra principal "Contra o Método":

> *A idéia de conduzir os negócios da Ciência com o auxílio de um método que encerre princípios firmes, imutáveis e incondicionalmente obrigatórios, vê-se diante de consideráveis dificuldades, quando posta em confronto com os resultados da pesquisa histórica.*([**1989**], p. 29).

A partir desse pressuposto, o que Feyerabend procura mostrar é que, na realidade, o que se verifica na História da Ciência é um sem número de *violações* a tais regras estabelecidas e que, de fato, tais violações são necessárias para o progresso da Ciência. Neste sentido, pode o cientista se valer de hipóteses que contrariam teorias ou resultados experimentais bem assentados. Além disso, não se constituem essas violações em meros *eventos acidentais*, mas devem, antes, ser tomados como padrão de procedimento na prática do cientista. (grifo nosso).

Como se vê, a essas alturas, Feyerabend parece, ele mesmo, que é contra o estabelecimento de regras, estar ditando mais uma: o emprego da violação das teorias estabelecidas como procedimento padrão do cientista. Para escapar talvez de uma consideração dessa ordem é que Feyerabend procura nos advertir de que não é pretensão sua ditar a substituição de um conjunto de regras epistemológicas por outro conjunto que tenha idêntica finalidade. O seu objetivo - como ele deixa claro - é o de mostrar que *todas as metodologias, inclusive as mais óbvias, têm limitações* e que *a melhor maneira de caracterizar tal propósito é apontar esses limites e a irracionalidade de algumas regras que alguém possa considerar fundamentais.* ([**1989**], p. 43).

Para Feyerabend, pois, é necessário que se permita uma oposição à razão, a um padrão de racionalidade. Avançando um pouco mais, estabelece ele que não pode haver, dentro da Ciência, uma unanimidade de opinião. Do ponto de vista metodológico, pelo contrário, deve-se estimular a variedade, mesmo de posturas contrárias à condição de coerência (aceita pela maior parte dos filósofos da ciência de nosso século), segundo a qual, hipóteses novas devem ser logicamente compatíveis com as teorias aceitas.

Para Feyerabend, tal postura é destituída de razão na medida em que ela não apenas preserva a teoria mais antiga (não necessariamente melhor), como também restringe a variedade de opiniões na Ciência. Como corolário dessa sua tese, Feyerabend defende o pluralismo de posições. Para ele, mesmo as idéias mais antigas e absurdas podem desempenhar importante papel no aprimoramento do conhecimento teórico.

Em suma, como representante do anarquismo metodológico, Feyerabend não se propõe a ditar novas regras metodológicas, mas a mostrar que, na *demarche* científica, não existe um padrão metodológico, e, quando se supõe existir, este é violado. Assim, através dessas violações, faz-se o progresso científico, pois o pluralismo metodológico ou o *tudo vale* é que marca as diversas etapas da História da Ciência.

Do que vimos até aqui, podemos concluir que se trata de uma visão voltada para a prática do cientista (pluralista), mas que não deixa, contudo, de estabelecer como se fazer esse pluralismo, ou seja, a adoção de mais de uma teoria como instrumento de trabalho, comparando uma com a outra para poder, daí, tirar o máximo de conteúdo empírico e não, contrapor uma única teoria aos dados, aos fatos ou à experiência disponível. Sobretudo não deve o cientista ser tolhido de modificar ou reformular concepções. O objetivo do seu trabalho não deve, pois, ser o de afastar hipóteses não compatíveis em relação à experiência, mas o de aperfeiçoá-las através de modificações que possam ser sugeridas pela sua prática.

Desta forma, quando a teoria não se coaduna a alguns fatos óbvios, a princípios que possam ser considerados bem estabelecidos ou quando não se acomoda à gramática de um idioma comumente falado, não há por que não se retrabalhar esses elementos. É que, segundo Feyerabend,

> *Nem as regras, nem os princípios, nem mesmo os fatos são sacrossantos, (...) cabe, portanto, modificá-los, criar novos fatos e novas regras de gramática, para verificar o que ocorrerá uma vez que essas regras estejam à mão e se hajam tornado familiares.* [**1989**, p. 255].

Ao que se percebe aí, Feyerabend considera a Ciência como um processo continuamente heurístico, onde teorias prévias vão sendo reelaboradas seja a partir de fatos novos, de novas interpretações, de novas regras, ou mesmo de princípios novos sugeridos na prática do cientista. Dentro dessa prática, então, não faz sentido a distinção entre contexto de descoberta e contexto de justificação, nem a distinção correlata entre termos observacionais e termos teóricos. Além disso, para Feyerabend:

> *Nenhuma dessas distinções tem papel a desempenhar na prática*

> *científica. Tentativas de dar-lhes forças trariam conseqüências desastrosas.* [**1989**,p. 257.]

Com a consideração dessa última idéia, podemos dar por encerrada a nossa abordagem do que consideramos como teses fundamentais do anarquismo metodológico. Tudo o mais, ao que parece, pode decorrer dessas posições. Ao nosso ver, no entanto, a abolição entre contexto de descoberta e contexto de justificação é um dos pontos mais arrojados da posição feyerabendiana, uma vez que, a partir dessa idéia, muitas concepções de método na Ciência podem ser vistas e revistas, inclusive a própria posição do anarquismo metodológico, como procuraremos discutir adiante.

2- GALILEU NA ÓTICA DO ANARQUISMO METODOLÓGICO

Na historiografia do anarquismo metodológico, Galileu é o exemplo vitorioso apontado por Feyerabend para encarnar as suas teses fundamentais desfiadas ao longo do seu livro "Contra o Método".

Como protótipo do cientista anárquico feyerabendiano, cai bem em Galileu o papel de transgressor das regras e teorias estabelecidas, de opositor da razão dominante, de introdutor de procedimentos pluralistas, de novas visões e linguagens e de novos princípios.

Para se compreender, no entanto, como todo esse panorama se aplica à prática científica de Galileu - segundo Feyerabend - é preciso remontar um pouco a alguns pontos anteriores.

O conflito entre teorias e alguns fatos de seu domínio é, para Feyerabend, algo normal, e isto deve ser o passo inicial para se tentar desvendar, nas noções observacionais comuns, princípios que lhes são implícitos. Como exemplo dessa tentativa, Feyerabend apresenta o argumento da torre utilizado pelos aristotélicos para demonstrar a inaceitabilidade do movimento da terra. Esse famoso argumento pode ser sucintamente formulado da maneira seguinte: Caso a terra se movesse, uma pedra que fosse atirada do alto de uma torre, deveria atingir o solo a centenas de metros de sua base, uma vez que a torre, durante o trajeto da pedra, deveria ter se deslocado para leste, acompanhando o movimento da terra. No entanto, a observação nos mostra que " os corpos pesados quando tombam, seguem uma linha reta e vertical à superfície da terra" [Diálogos, apud **1989**, p. 104.] , o que vem provar que a terra está fixa.

Consideremos, agora, como Galileu - segundo a visão de Feyerabend - lida com esse argumento. Inicialmente, não se põe em dúvida a correção da observação. O que está no mérito da questão é a sua *realidade* ou *falácia*, ou seja, o que é aparência ou impressão e o que se pode concluir daí. Para ilustrar esse ponto, Galileu recorre a outro exemplo, o do caminhante noturno que tem a sensação de que a lua o segue, ao vê-la se deslocar por trás dos telhados enquanto caminha pela rua: "Essa impressão, caso a razão deixasse de intervir, iludiria os sentidos".(Diálogo, apud **1989**, p. 105.).

O que nos sugere esse exemplo - prossegue Feyerabend - é que se deve considerar, a partir de uma impressão sensorial, o enunciado que dela se segue e, a partir deste, outros enunciados, de forma que, sendo o exame aplicado somente a enunciados, em nada se altera a natureza da impressão. A essas alturas, fica clara a distinção que é estabelecida por Feyerabend entre as sensações e as *operações mentais que são imediatamente decorrentes dos sentidos*. (Bacon, apud F. **1989**, p. 107.) Essas últimas vêm a ser o que Feyerabend denomina de *interpretações naturais*.

Para Galileu, o que importa é deixar de lado a aparência, com a qual todos se põem de acordo, e partir para uma investigação - onde interfere a razão - com o objetivo de verificar a realidade ou falácia de tal aparência. Para Feyerabend, *confirmar a realidade da aparência ou revelar-lhe a falácia equivale a examinar a validade das interpretações naturais que se acham de tal modo* *ligadas às aparências que não mais podemos vê-las como pressupostos distintos.* (**1989**, p. 108.)

Voltando-se, agora, ao argumento da torre, bem sabemos que o tipo de *movimento copernicano* difere daquele avocado no citado argumento. Desta forma, segundo concebe Copérnico, o movimento de uma pedra que cai - como põe Galileu - é *a um tempo retilíneo* e *circular* (G. apud F. **1989**, p. 108.), isto é, não deve ser entendido apenas como movimento retilíneo simples (que está no campo visual do observador), mas é também o seu movimento dentro do sistema solar, acompanhando o movimento da terra. Este é o movimento real. Em contrapartida, no argumento, invoca-se unicamente o movimento vertical simples. Desta forma, a concepção copernicana se vê refutada pelos fatos. Mas, como *o erro pode estar nos fatos*, Galileu se vale da teoria refutada para **descobrir** as interpretações naturais que excluem o movimento da terra, e os princípios que possam apoiá-lo. É assim que, para Feyerabend, o procedimento de Galileu torna-se exemplo de que, no caso de se ter uma contradição entre uma nova e interessante teoria de um lado e um conjunto de fatos bem estabelecidos de outro, o procedimento adequado não é o de abandonar a teoria por se chocar com tais fatos, mas o de utilizá-la mais uma vez para descobrir, aí, os elementos implícitos que são responsáveis pela contradição. Dentro deste quadro, segundo Feyerabend, o progresso empreendido por

Galileu consiste em adotar o procedimento de novas buscas: buscar novas ligações entre as palavras, entre estas e as impressões, pela introdução de *novas interpretações naturais* (como foi o caso da lei da inércia e do princípio da relatividade universal), ou ainda, *pela modificação do núcleo sensorial de seus enunciados de observação*. O seu intento era, sobretudo, o de tornar aceitável a concepção copernicana que se via contraditada pelos fatos:

> *A doutrina de Copérnico choca-se contra alguns fatos óbvios, é incompatível com os princípios plausíveis e aparentemente bem estabelecidos e não se acomoda à "gramática" de um idioma comumente falado. Não se acomoda à "forma de vida" em que se contêm esses fatos, princípios e regras de gramática. Contudo, nem as regras, nem os princípios, nem mesmo os fatos são sacrossantos. O erro pode residir neles e não na idéia de que a terra se move.* (**1989**, p. 255.)

Desta forma, segundo a visão feyerabendiana, Galileu, quando se posicionou em favor da doutrina copernicana, opôs-se à razão e à experiência de sua época. Criou uma nova gramática, investigou novos fatos, buscando relacioná-los às teorias associadas com novos princípios (o da relatividade e da inércia circular) por ele introduzidos.

Em suma, foi um exemplo típico de que, na Ciência, *tudo vale*, regra fundamental do anarquismo metodológico.

3- CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS À VISÃO FEYERABENDIANA

Procuramos, nas seções precedentes, apresentar, da maneira mais esquemática e fidedigna possível, as idéias fundamentais do anarquismo metodológico e mostrar como, em suas articulações, são elas utilizadas para uma leitura do procedimento metodológico de Galileu. Chegamos mesmo a afirmar que cai bem em Galileu, como protótipo do cientista anárquico feyerabendiano, o papel de transgressor de regras estabelecidas, de opositor da razão dominante e tudo o mais que bem poderia caracterizá-lo como exemplo vitorioso da historiografia do anarquismo metodológico.

Nesta seção, argumentaremos no sentido de mostrar que essa visão, embora tenha grandes atrativos e se constitua também em uma bem articulada reconstrução racional, pode nos levar a conclusões bastante diversas. Assim sendo, partindo das mesmas constatações, procuraremos mostrar o nosso ponto de vista de que, ao contrário do que apregoa Feyerabend, tudo o que parece, na prática metodológica de Galileu, ser um conjunto de procedimentos soltos, um "*tudo vale*" são, na realidade, componentes igualmente bem articulados de um método que se propõe a ser, ao mesmo tempo, de descoberta e de justificação.

Em suma, procurarei sustentar dois pontos principais que podem ser assim formulados:

a) a visão de Feyerabend do procedimento metodológico de Galileu é uma reconstrução racional (segundo os moldes lakatianos) empreendida a partir de contra-regras aos princípios metodológicos que fazem também a historiografia (reconstrução racional) popperiana e kuhniana;

b) na própria abordagem feyerabendiana dos procedimentos metodológicos de Galileu, pode-se encontrar implícitos os princípios do método galileano, os quais se coadunam histórica e conceitualmente com os princípios da análise-e-síntese de cuja tradição se faz herdeira a metodologia galileana da resolução-e-composição.

3.1- A Reconstrução Feyerabendiana da Metodologia de Galileu

Inquestionavelmente não se pode afirmar que todo o procedimento científico de Galileu não tenha a aparência da caracterização feita por Feyerabend. E uma vez que estamos de acordo com ele, quanto a essas aparências, utilizaremos a sua mesma estratégia argumentativa, procurando demonstrar que a sua reconstrução racional é também uma espécie de *interpretação natural*. Desta forma, não vamos negar as aparências, "com as quais todos concordamos", mas vamos analisar, isso sim, alguns conceitos envolvidos na base de sua argumentação.

Como vimos nas seções precedentes, a noção de *violação* é fundamental para Feyerabend, uma vez que não designa um mero evento acidental, mas ocorrências consideradas necessárias para o progresso da ciência. Para demonstrar isso, Feyerabend desfia um sem número de exemplos de violações presentes na história da ciência. O que ocorre, no entanto, é que Feyerabend parece não se dar conta de estar usando ou aplicando a sua noção de *violação* em contextos diferentes, pois tratando-se de um conceito relativo a algo, acreditamos que uma coisa é falar de violação a princípios (obrigatórios) **de um método** e outra é falar de violação a princípios (obrigatórios) **de determinadas teorias**. O que constatamos na exposição de Feyerabend é exatamente esta situação: a partir de exemplos de oposições ou *convicções contrárias* a determinadas teorias científicas em determinados períodos da história, pretende ele mostrar que esses são exemplos de *violação* de um método ou ainda, de forma mais ampliada, *violação às regras da epistemologia*.

No que diz respeito a uma violação às normas de uma determinada teoria, a situação pode ser vista sucintamente da seguinte forma: Galileu - como bem pôs Feyerabend - se valeu de hipóteses alternativas, não previstas na doutrina ptolomaica. Desta forma, Galileu, na realidade, já estava trabalhando outra teoria concorrente (a copernicana), e, assim, não faz sentido falar de violação da teoria. Violar uma teoria significaria aceitar as suas regras, trabalhar com elas e, ao mesmo tempo, contrariá-las. O que ocorre em Galileu é que ele simplesmente **já** trabalha com a teoria concorrente, da qual tem plena convicção. E é essa convicção - seu ponto de partida - que o move a descobrir também novos fatos e novas evidências em favor do copernicianismo que ele defende.

No que diz respeito a uma violação *às regras da epistemologia*, esta situação só pode ser entendida se levarmos em conta a que tipo de regras metodológicas se refere Feyerabend, e isso nos remete ao núcleo deste primeiro ponto.

A estas alturas, não podemos deixar de levar em conta que, em seu libelo contra o método, Feyerabend está atacando principalmente duas metodologias rivais: a metodologia popperiana e a metodologia kuhniana e que o faz, muitas vezes, de forma paralela ou simultânea, contrapondo ou, associando algumas das idéias que lhe são inerentes. É a partir dessa constatação que também se pode compreender melhor por que, para Feyerabend, Lakatos é considerado como um *anarquista*. É precisamente pelo fato de atacar e se contrapor igualmente a essas mesmas regras metodológicas.

Não é à toa que Feyerabend afirma que, em confronto com os resultados da pesquisa histórica, há sérias dificuldades para se sustentar a idéia de um método *com princípios firmes, imutáveis* e *incondicionalmente obrigatórios*. Estamos de acordo com Feyerabend quanto a esta afirmativa, mas não podemos deixar de ver aí uma alusão nítida ao dedutivismo popperiano como padrão de racionalidade metodológica, ao qual considera necessário haver uma oposição. Mas, paralelamente, por padrão de racionalidade Feyerabend pode entender também uma teoria dominante em certo período. E a este padrão de racionalidade é também necessário fazer-se oposição. Neste segundo contexto, no entanto, é contra a visão kuhniana que se dirigem os petardos feyerabendianos.

Em Feyerabend, a idéia de oposição a um padrão de racionalidade, nesse segundo sentido, evolui para o estímulo à variedade (idéia contrária a Kuhn) mesmo de posturas contrárias à condição de coerência (idéia sobretudo anti-popperiana). Por outro lado, são anti-popperianas as suas idéias de adoção pelo cientista de mais de uma teoria e não apenas uma; a da comparação de uma teoria com outra e não apenas a contrastação de uma teoria com a experiência disponível; a modificação de teorias pela introdução de novos princípios e o não rechaçamento de hipóteses não compatíveis em relação à experiência. O próprio argumento da torre que vimos na seção precedente recebe um tratamento onde se encontram implícitas propostas anti-popperianas e anti-kuhnianas. Desta forma, ficam desvendadas quais as *regras de epistemologia* que, segundo Feyerabend, são violadas por Galileu. É neste sentido que Galileu é um anarquista, um transgressor de regras, o que significa dizer, em última análise, que não é um cientista nos moldes nem popperiano, nem kuhniano. E não é mesmo. Nisto estamos igualmente de acordo. Mas também não o é - como pretendo mostrar adiante - nos moldes feyerabendianos.

Esta situação decorre principalmente do fato de que Feyerabend - como ele mesmo deixou bem claro - não teve a pretensão de apresentar um conjunto de regras metodológicas, mas o objetivo de mostrar que qualquer metodologia tem limitações, e, assim, o que ele apresenta é sobretudo um conjunto de contra-regras. Em outras palavras, Feyerabend empreende uma reconstrução racional em que o cientista - do qual Galileu é o exemplo - procede contra as regras metodológicas, mas principalmente contra aquelas que são enfocadas na ótica popperiana-kuhniana, e, assim, são expostas as limitações dessas metodologias.

3.2- Pistas Feyerabendianas na Direção da Análise-e-Síntese

É tempo agora de passarmos a considerar o nosso último ponto deste capítulo, ou seja, o ponto de vista de que, na própria abordagem que Feyerabend empreende do método de Galileu, vamos encontrar implícitos componentes que se coadunam conceitualmente com os princípios da análise-e-síntese, como modelo metodológico da prática científica de Galileu.

Com esse objetivo, recordemos inicialmente, de forma esquemática, algumas idéias básicas da análise-e-síntese que serão aqui relevantes. Como foi visto nos capítulos dedicados à investigação desse método, procede-se aí da seguinte maneira: inicialmente, assume-se a conclusão que se pretende demonstrar e investiga-se de onde ela poderia provir, através de uma busca sucessiva de antecedentes, até que se chegue a algo conhecido como verdadeiro (um princípio evidente por si mesmo ou algo já provado) a partir de que, no caminho reverso da síntese, decorra logicamente a conclusão que se pretende demonstrar. O ponto crucial da análise, pois, é a descoberta dos princípios. Convém lembrar aqui a questão do limite da análise, ou seja, o fato de que, enquanto não se encontra o que é procurado (o princípio, por exemplo) nunca se pode estar seguro de que a análise terá êxito.

Outro aspecto importante desse processo é o de que, se, nessa busca, chegarmos a algo falso, o que se pretende demonstrar é igualmente falso.

Voltemo-nos, agora, à análise de algumas passagens de Feyerabend em relação à ciência de Galileu, tentando identificar nelas algumas pistas da metodologia da análise-e-síntese. Podemos inicialmente detectar um ponto inequívoco na visão Feyerabendiana do método de Galileu: o fato de que, na sua ciência, a busca de princípios desempenha papel fundamental, como prática constante do seu processo heurístico. Para contextualizar esse primeiro aspecto, passemos a palavra a Feyerabend:

> *Galileu realizou progresso alterando as ligações comuns entre palavras e palavras (introduziu conceitos novos), entre palavras e impressões (introduziu novas interpretações naturais), através do uso de princípios novos e incomuns (como a lei da inércia e o princípio da relatividade universal) e através da modificação do núcleo sensorial de seus enunciados de observação. Era movido pelo desejo de provar a aceitação do ponto de vista copernicano.* ([**1989**], p. 255.)

No estabelecimento das conexões descritas nessa passagem, pode-se desvendar uma certa prática da análise. Afinal de contas, a *modificação sensorial dos enunciados de observação* se opera estabelecendo-se a ligação desses enunciados com *princípios novos e incomuns*. Mas Feyerabend não nos explicita de que forma se operam tais ligações e qual seja essa sua natureza que as torna capaz de produzir modificações do núcleo sensorial dos enunciados de observação. Essa é uma questão que fica implícita; mas pistas são fornecidas. Fala-se de ligações (no nível sintático) e introdução de conceitos novos que alteram as ligações comuns (no nível semântico).

A situação aí descrita pode ser mais claramente compreendida na ótica da análise-e-síntese, com o auxílio de alguns conceitos da lógica, da forma que se segue: Seja E um enunciado de observação e seja P um princípio **novo e incomum**. É possível, procedendo-se analiticamente, estabelecer a ligação entre **E** e **P**, investigando-se uma cadeia de antecedentes que termina em P. O procedimento complementar (sintético) consistirá em mostrar que E é dedutível de P, ou seja, que E é conseqüência sintática de P. Mas uma vez que P é um princípio **novo e incomum** e sendo E necessariamente também uma conseqüência semântica de P, logo E terá igualmente sentido **novo e incomum** e, assim, modifica-se o núcleo sensorial de E (enunciado de observação). Concluí-se, desta forma, que essa segunda parte do processo que vai na direção de P para E, bem caracteriza o procedimento de quem é *movido pelo desejo de provar* algo; na caso de Galileu, *a aceitação do ponto de vista copernicano.*

Dentro da ótica da análise-e-síntese, a introdução de princípios se apresenta como algo perfeitamente normal do ponto de vista lógico e metodológico, e, assim, o que parece irracional ou pelo menos ametódico faz sentido. Em caso contrário, ou seja, assumindo-se a postura feyerabendiana e ficando-se apenas no nível da contra-regra anti-Popper, termos que admitir, como faz Évora[172], que

> *Quanto aos novos princípios (inércia circular e relatividade) introduzidos por Galileu a fim de sustentar a teoria astronômica de Copérnico, vimos que eles são pelo menos parcialmente "ad hoc". Eles são introduzidos sem referência à experiência ou observação independente.* ([**1988**], vol. II, p. 118.)

Uma situação desse tipo não é problemática na ótica da análise-e-síntese, pois, de fato, *a introdução do princípio sem referência à observação independente* é perfeitamente normal no caminho da

[172]Évora, Fátima R.R. - A Revolução copernicana-galileana, 2 vols. CLE/UNICAMP, **1988**.

análise. É por essa razão também que tal procedimento é *analítico*. O importante é que, na síntese subseqüente, seja possível estabelecer essa ligação, ou seja, demonstrar que P, o princípio, se relaciona a E, que é o enunciado de observação que se deseja provar verdadeiro. E é também por essa razão, que esse procedimento é dito *sintético*.

É em razão disso que consideramos importante seguir algumas pistas dos textos de Feyerabend e tentar explicitar os tipos de conexão que, segundo ele, são estabelecidas por Galileu. Desta forma, o exercício da leitura dessas pistas à luz da análise-e-síntese, é uma possibilidade de investigação lógico-metodológica que fica aberta em decorrência não apenas da postura feyerabendiana do *tudo vale*, mas, sobretudo, do tratamento que ele dá às suas contra-regras (anti-Popper e anti-Kuhn). Por conseguinte, nada poderá parecer forçoso, e, como veremos adiante, tudo poderá fazer mais sentido depois de analisarmos, a seguir, outras passagens de Feyerabend e, mais ainda, depois do confronto que será estabelecido no Capítulo VIII (em especial na sua seção 2), entre, por exemplo, a descrição pappusiana do método de análise e algumas descrições do próprio Galileu que não são consideradas por Feyerabend.

Tomemos, agora, mais duas citações de Feyerabend:

(1) Aparentemente, o argumento das pedras que tombam, refuta a concepção copernicana. Isso talvez se deva a uma inerente desvantagem da teoria de Copérnico, mas poderá também dever-se à presença de interpretações naturais que exigem aprimoramento. A tarefa inicial é, portanto, a de ***descobrir*** *e isolar esses despercebidos obstáculos ao progresso.*

Acreditava Bacon que as interpretações naturais poderiam ser descobertas através de um método de análise que as dissecasse umas após outras, até que se pusesse a nu o cerne sensível de todas as observações. Esse método apresenta sérias deficiências.([**1989**], p. 110-111.)

(2) *Podemos, agora, passar a contemplar a outra face do argumento, utilizando-o como* ***dispositivo identificador*** *capaz de auxiliar-nos a descobrir as interpretações naturais que excluem o movimento da terra. Fazendo o argumento girar sobre si mesmo,* ***partimos da asseveração*** *de que a terra se move,* ***a seguir,*** *indagamos quais as alterações que se fazem necessárias para afastar a contradição. Essa investigação poderá exigir tempo considerável e seria*

> *procedente afirmar que até hoje não chegou ao fim.* ([**1989**], p. 112. Os grifos não são nossos).

Na segunda parte da citação (1), constatamos que Feyerabend descarta a sugestão de Bacon em favor de um método de análise para descobrir interpretações naturais. Embora fique explícito que isso se deve *às sérias dificuldades* (o que não vamos considerar agora), na primeira parte desta mesma citação, pode-se detectar também a indicação de uma certa forma de procedimento que se coadunaria com algumas idéias da análise. Segundo Feyerabend, na situação ali descrita, *a tarefa inicial é de* ***descobrir*** (o grifo não é nosso) e *isolar esses despercebidos obstáculos ao progresso,* por exemplo, as interpretações naturais que podem ser modificadas pelos *princípios novos.* Mas o tratamento dado pode ser diferente daquele proposto por Bacon, e essa situação pode se tornar mais clara a partir do exame da citação (2), onde encontramos dois elementos que nitidamente se inserem no contexto do método de análise: **o ponto de partida** e **o problema do limite**, ou seja, a questão de se saber quando a análise alcança êxito.

Com relação ao primeiro elemento, conforme foi visto, toma-se como ponto de partida, na análise, o que se deseja provar como se isso fosse verdadeiro e, em seguida, investigam-se as sucessivas condições antecedentes que tornam isso possível. Na citação de Feyerabend, vemos textualmente que ***partimos da asseveração*** *de que a terra se move* (que é o que se pretende provar) *e, a seguir, indagamos quais as alternativas que se fazem necessárias para afastar a contradição.* (Aqui, mais uma vez, o grifo, embora conveniente para o ponto que sustentamos, não é nosso).

A contradição de que fala Paul Feyerabend é perfeitamente compreensível do ponto de vista lógico. Está ele tratando de uma estrutura lógica que tem como conclusão o enunciado de que *a terra está fixa*. Ora, acrescentando-se, ou melhor, tomando-se como ponto de partida, dentro desta mesma estrutura, o enunciado de que *a terra se move*, obviamente há de se chegar a uma contradição. Mas isso não invalida nossa afirmativa de que aí se emprega também uma estrutura analítica, uma vez que devem ser descobertas e examinadas as condições ou *alternativas que se fazem necessárias para afastar a contradição*, ou seja, os princípios capazes de tornar aceitável a asseveração inicial.

Com relação ao segundo elemento que destacamos, ou seja, o problema do limite da análise, convém lembrar que, mesmo quando se trata de descobrir um princípio ou algo já conhecido que possa servir de ponto de partida para a prova do nosso pressuposto inicial, nunca podemos saber se teremos êxito nessa nossa tentativa. Esse é um elemento de incerteza do método, cuja discussão foi feita nos capítulos dedicados à investigação da análise. Agora, é claro que esse problema, que faz parte do contexto heurístico, poderá ser mais grave em se tratando da investigação das *alternativas para eliminar contradições*. Trata-se de um problema de estabelecer estratégias especiais, o que certamente poderá demandar bastante tempo. Assim, de fato, como afirma Feyerabend, *essa investigação poderá exigir tempo considerável e seria procedente afirmar que até hoje não chegou ao fim*. Mas é também possível e razoável que a falha não esteja no método, mas na prática do cientista, o que vai depender de sua maior ou menor habilidade, e nisso poderá pesar bastante a sua sagacidade, ou um certo tipo de intuição, como diria o próprio Feyerabend, mas sem significar um *Adeus à Razão*, mas uma forma diferente de usá-la.

De toda maneira, constatamos que a afirmativa de Feyerabend de que *toda metodologia tem suas limitações* também se aplica à análise. Nisso estamos mais uma vez de acordo, mas obviamente tais limitações poderão servir para algo: revelar a genialidade do cientista ao lidar com o método, e isso faz parte também do processo heurístico e era o que distinguia os exímios geômetras. Tudo isso evidencia ainda um outro ponto sustentado por Feyerabend, o de que não existe, na Ciência, um método cujas regras sejam *princípios firmes, imutáveis e incondicionalmente obrigatórios*. E este aspecto conta igualmente com a nossa concordância. Isto pode ser também compreendido a partir de nossa posição com relação à interpretação do método de análise-e-síntese empreendida pelos historiadores da matemática grega, apresentada na seção 1 do capítulo III. Como vimos lá, no caminho da análise há sempre um componente de incerteza, mas não de irracionalidade.

É certamente este último ponto um dos aspectos de maior divergência entre Lakatos e Popper. Enquanto que para este último a descoberta é posta como algo irracional, é defendida pela *lógica falibilista da descoberta* do primeiro. E com isso, torna-se mais compreensível ainda por que razão Feyerabend o considera um anarquista disfarçado. Convém, no entanto, para concluir, ressaltar um aspecto implícito na abolição da distinção entre contexto da descoberta e contexto da justificação empreendida por Feyerabend. Para ele, isso implica na inexistência de método ou regra de alguma espécie para a descoberta e, se houver, é contra a razão. E, mais uma vez, embora partamos de pontos comuns, as nossas conclusões são diferentes.

De fato, concordamos com Feyerabend quando busca abolir a distinção entre contexto de descoberta e contexto de justificação por não ter *papel a desempenhar na prática científica* (**1989**, p. 257). Estamos mais ainda de acordo quando Galileu é posto como exemplo desta prática. No entanto, há, em Feyerabend, o pressuposto de que, abolindo essa dicotomia, obtém-se, *ipso facto,* o apregoado anarquismo metodológico. Nesta ótica, ele se revelaria também um tradicionalista, por estar subliminarmente admitindo a dicotomia *descoberta x justificação* como condição para e existência do chamado método na ciência.

Do nosso ponto de vista, este artifício não resolve a questão em favor da tese feyerabendiana. Neste sentido, procuraremos, sustentar, como será visto adiante, que, para Galileu, *descoberta* e *justificação* eram processos complementares, indissociáveis na prática da Ciência, assim como a *invenção* e a *exposição* - e, da mesma forma, os procedimentos metodológicos complementares e igualmente racionais da **Resolução** e da **Composição**, traços característicos fundamentais da Ciência Galileana.

CAPÍTULO VIII: GALILEU NA ROTA DA ANÁLISE-E-SÍNTESE

Neste último capítulo, buscaremos sustentar que Galileu não apenas é herdeiro e praticante do antigo método de análise dos geômetras gregos, mas, sobretudo, que, conceitualmente, este é o seu método. Para isso, estaremos nos baseando tanto em evidências externas, referências históricas, como também empreendendo uma análise interna dessa metodologia Galileana em confronto com estrutura do método análise-e-síntese a que nos dedicamos em toda a primeira parte desse trabalho, capítulos de I a IV.

Os comentários críticos apresentados nos capítulos V, VI e VII, conduzirão também a nossa argumentação nessa "jornada", no sentido de mostrar que, em comparação com outras visões, o método combinado de análise-e-síntese, em especial na visão de Hintikka e Remes, consegue dar conta dos diversos aspectos da prática científica de Galileu como modelo conceitual metodológico.

Teremos aqui, portanto, duas partes principais. Na primeira, vamos investigar algumas pistas históricas da herança metodológica de Galileu: qual era a concepção de método de que Galileu se fez herdeiro. Todavia, o objetivo aqui não é levantar uma história completa do método (até porque este não é um trabalho de história da Ciência), mas principalmente explicitar a ligação histórica e conceitual entre a análise-e-síntese dos antigos geômetras gregos e a concepção metodológica de Galileu.

Na segunda parte, vamos investigar a própria metodologia da resolução e composição, método empregado por Galileu segundo ele mesmo, em confronto com alguns pontos fundamentais do método combinado da análise-e-síntese. Aqui estaremos mostrando também que investigações empreendidas para a compreensão do verdadeiro sentido do método de análise contribuem também para a compreensão do método de Galileu.

1- OS ANTECEDENTES HISTÓRICOS E A HERANÇA DE GALILEU

Nesta seção estaremos perseguindo dois pontos principais. O primeiro diz respeito às relações conceituais entre análise-e-síntese e resolução e composição, na trajetória que antecede a Galileu e, em particular, o significado do método resolutivo e compositivo em Zabarella de quem Galileu se fizera herdeiro. O nosso segundo ponto, uma constatação, será explicitar como chegou a Galileu essa herança da lógica e da metodologia organizada por Zabarella.

Para alcançarmos o nosso primeiro ponto, será necessário estabelecer um confronto conceitual entre as duas metodologias, analisando descrições e passagens privilegiadas que, no nosso modo de ver, suscitam questões análogas relacionadas à sua direção, à sua lógica e à sua aplicabilidade. Para o segundo ponto, como dissemos, acreditamos ser suficiente a constatação de uma referência confiável como prova histórica de que Galileu compartilhou, de fato, dos ensinamentos de Zabarella. Mas, para isso, voltemos no tempo. Façamos um mergulho nessa história e estacionemos a nossa máquina nos momentos relevantes para essa investigação.

Compreender a natureza sem qualquer intervenção nos fenômenos sobre os quais o homem não teria qualquer poder, era o que objetivava a ciência aristotélica, que fora cuidadosamente retrabalhada pela filosofia cristã no século XIII. Gradativamente, porém, ao longo do século XVI, essa forma de conceber a ciência foi sendo mudada. Ao invés de buscar apenas essa visão da natureza, o homem começava a se preocupar também com um tipo de conhecimento que lhe possibilitasse o desenvolvimento das artes práticas como resultado e como forma de verificar essa sua compreensão. Foi assim que, muito antes dos embates teológicos que estariam para acontecer, um grupo de pensadores se debruçava sobre um tema considerado por eles como da maior importância: a retomada de um método de investigação próprio para essa ciência atualizada. Resgata-se, então, uma outra tradição das escolas medievais, oriunda igualmente dos séculos XIII e XIV, que, de fato, já alcançara resultados em trabalhar uma ciência da natureza experimentalmente fundamentada e matematicamente formulada, como a que agora se procurava desenvolver. Não resta dúvida de que uma ciência assim compreendida vinha a calhar para os físicos e matemáticos italianos do século XVI e chega mesmo, no memento certo, para os trabalhos de Copérnico, Kepler e Galileu.

A esse respeito, é significativo destacar a observação de Randal Jr., no seu trabalho sobre o desenvolvimento do método científico na Escola de Pádua, (**1940, p. 117**) de que não se *pode minimizar* o vigoroso estímulo que se dá no Século XVI em função da recuperação das técnicas dos matemáticos gregos.

> *No entanto, a concepção da ciência da natureza, da sua relação com a observação do fato, e do método pelo qual poderia ela ser realizada e formulada, tudo isso que foi levado aos seus sucessores por Galileu, não foi o trabalho dos novos investigadores atrás de um frutuoso método. Surge, antes muito mais, do coroado esforço conjunto de dez gerações de cientistas mergulhados nos problemas de ordem metodológica, nas universidades do norte da Itália. Por três séculos, os filósofos naturais da Escola de Pádua, em intercâmbio frutífero com os fisicalistas (médicos) de suas faculdades de medicina, dedicaram-se eles mesmos, a criticar e expandir*

> *esta concepção de método e a desenvolvê-lo firmemente para a cuidadosa análise da experiência.* ([1940], p. 117-118).

Esse será o nosso marco inicial do passado próximo da herança de Galileu, na nossa investigação sobre o seu método. Nessa investigação, seguiremos mais de perto Randal Jr. e também, William A. Wallace, em razão do cuidadoso trabalho de uma investigação interna do método, não apenas do ponto de vista da sua origem, mas especialmente da sua lógica, dos movimentos, do tipo de inferência, da esfera de sua aplicabilidade e de tantos outros aspectos de relevância à compreensão da estrutura mais complexa dessa herança metodológica.

Trata-se de uma herança de todo um corpo de doutrinas metodológicas desenvolvidas em moldes diferentes da escolática, na tentativa de se construir uma dialética da natureza que desemboca no século XVI e culmina em Galileu.

Investe-se, assim, no projeto de uma nova ciência com bases experimentais, mas que confere uma estrutura matemática à natureza. Para se atingir esse desiderato, busca-se todo um tesouro antigo quase inexplorado, como o primeiro corpo de conhecimentos assim organizado, a filosofia agostiniana da razão, de influência platonista. Trava-se, então, um contato direto com toda a matemática astronomia e mecânica gregas e com Arquimedes, quase um desconhecido. E, no entanto, todo esse conhecimento estivera de posse dos europeus desde o século XII.

Randal Jr., empreendendo um detalhado estudo da evolução e emprego dessa vertente metodológica, aponta diversos resultados da teoria da ciência da Escola de Pádua no desenvolvimento de métodos de descoberta. Destaca ele, por exemplo, que, no prólogo da *Arte da Medicina* de Galeno, se distinguem três doutrinas ou técnicas de ensinar ciências médicas: *por resolução, por composição e por definição.*

> *Em todas as formas de ensinar (doutrinae) que seguem uma ordem definida, existem três tipos de procedimento. Um deles é o que segue a via da conversão e resolução (dissolutio); Nesta, você organiza na sua mente a coisa que você está procurando, e a partir desta, você procura o conhecimento científico, como a conclusão a ser satisfeita. Então você examina o que se liga mais de perto a esta* (O que vai conjuntamente), *e mais perto daquela sem a qual a coisa não pode existir; Isso você não termina até que tenha chegado ao princípio que a satisfaça. (...) A segunda* (via) *segue o caminho da composição, e é o contrário do primeiro caminho. Nela, você começa*

> *com a coisa a que você chegou pelo caminho da resolução e então retorna às coisas verdadeiramente resolvidas, e as coloca conjuntamente mais uma vez, (compone eas) na sua ordem própria, até chegar à última delas.(...) E a terceira via segue o caminho de analisar a definição.*[173]

Galeno (129-201 d.C.) dignidade exemplificada por Hipócrates, incorporou a nova figura do médico que deveria também ser filósofo e como tal foi reconhecido até o Renascimento. A sua cultura enciclopédica o tornava conhecedor da arte, da filosofia e da geometria dos antigos e, desta forma, não é de estranhar que a passagem acima transcrita guarde essa estreita semelhança em diversos aspectos, com a descrição pappusiana[174] da análise-e-síntese. Como se pode observar, fazem-se aí presentes, além da estrutura de organização sintática do texto, a questão direcional, (movimentos contrários: ascendente e descendente), o tipo de inferência, o limite e, sobretudo, a complementaridade dos dois processos como de descoberta e de prova. E esta é uma evidência interna relevante da semelhança entre resolução-e-composição e análise-e-síntese, não apenas uma referência histórica externa.

---

[173] *Galieni Principis medicorum microtegni cum commento Hali*, traduzido do árabe por Constantino Africano. Não há indicação de data nem local de impressão ,mas por volta de 1479. Apud Randal Jr. 1940, p. 187).Pocuramos traduzir o texto da forma mais "rente" possível ao original.

[174] Veja-se ,no Capítulo II, seção 3, a transcrição completa do Relato de Pappus que ensejou muitas controvésias em relação ao significado do método de análise.

Há um registro nessa passagem a respeito de que chamamos a atenção: o fato de que método descrito era utilizado na arte de ensinar medicina. Analogamente, no Livro VI da República, o método descrito por Platão, estreitamente associado ao método de análise, é o que deve ser usado na "educação", no ensino, dos que devem governar. William Wallace ressalta que, de fato, esse método como arte de ensinar (doutrina) encontra a sua origem em Hipócrates, conforme descreve Platão em uma seção do Fedro, onde a análise da natureza é posta como um *processo de dividir (diairésis)* e *reunir (synagogé)*. (1992, p. 13)

Por doutrina[175], então, entendia-se a maneira, a forma, o modo ou o caminho pelo qual o professor procede ao ensinar ao aluno, seja ele *resolutivo*, *compositivo* ou *definitivo*, isto é, por definição.

Nessa tradição, distinguia-se a *logica docens* e a *logica utens*, expressões que freqüentemente aparecem nos trabalhos de lógica da idade média e da renascença. A primeira expressão, *logica docens* tinha exatamente esse sentido utilizada nas escolas de medicina de Pádua, designava a arte de doutrinar, tornar alguém douto, por exemplo, em conhecimentos de medicina. A segunda era a lógica em uso. Essa distinção está na base da discussão sobre a lógica como arte ou como ciência. (Wallace, 1992, p. 13).

[175] A respeito desse comentário, fazemos a indicação de Randal Jr. (*Jacobi de Forlivio super Tegni Galeni,* Pádua, 1475.) 1940, p.188N., mas diversos outros autores fazem referência semelhante ao assunto.

Uma distinção entre Resolução (resolutio) e composição (compositio) aparece em Jacopo da Forli (1413), estando a doutrina resolutiva associada a método de investigação ou invenção e a doutrina compositiva, à forma de demonstração.

Na distinção estabelecida por Jacopo da Forli a resolução, como método de investigação, associava-se também ao estudo da causa a partir do seu efeito ou do composto a partir dos seus componentes. Distinguiam-se duas formas de resolução: resolução natural (que significava separação ou divisão da coisa em seus componentes) e resolução lógica (metafísica). A composição, como método de construção ou de colocação na ordem de exposição, era um método demonstrativo do efeito a partir da sua causa. Como igualmente visto na primeira parte deste nosso trabalho, o sentido de análise esteve também intimamente relacionado à idéia de divisão (inclusive divisão da figura) e síntese, ao sentido de composição.

É interessante observar uma outra passagem dessa história em que Hugo de Siena (1439) se opõe a uma tentativa para se separar a resolução da composição, sob o argumento de que apenas esta última pode ser considerada como forma de se proceder em ciência. Hugo Siena considera ambas as formas igualmente importantes por entender que *descoberta e prova são ambas momentos essenciais em qualquer método.* (1940, p. 190).

(Esta mesma visão nós encontramos com relação à análise e síntese, tidas na tradição Pappusiana como partes indissociáveis de um mesmo método.[176]).

Essa metodologia consistia, assim, de um duplo procedimento: O procedimento resolutivo, investigativo, que também era chamado de procedimento *regressivo*, por remontar da causa ao efeito; e o procedimento compositivo, de ordem demonstrativa, que, por proceder em ordem contrária, era também descrito como procedimento *progressivo*.[177] Tal descrição nos revela mais uma vez a questão da direção dos passos do método que encontramos também na análise-e-síntese,em especial a partir do relato de Pappus.

Essa questão da dupla direção do método compositivo deu margem a uma má compreensão da sua "lógica", como pode se observar a partir de uma outra passagem registrada (1940, p. 191), em que Paul de Venice[178] defende esse duplo procedimento contra a acusação de ser o que Aristóteles chama de prova circular. Deste modo, temos aqui dificuldades lógicas apontadas, semelhantemente ao que vimos na interpretação do método de análise.

---

[176] Este aspecto é abordado em nossa tese de mestrado e aqui no Capítulo II. A esse respeito também observa Loparić: *na tradição matemática e filosófica essa unidade não foi sempre entendida e, por vezes, foi até mesmo esquecida. Isso explica por que os termos "análise" e "método de análise" passaram a significar um procedimento independente.* (1981, p. 99).

[177] "Esta noção de um 'processo duplo' no método científico tinha sido já explicitada por Urbano, o avrroísta, em extenso comentário sobre a física em 1334. (Randal Jr. 1940, p. 190)".

[178] Sumula Philosophiae Naturalis Magistri Pauli Veneti, Veneza, 1503, apud Randal Jr. 1940, p. 191N.

Mas retomando o fio condutor, é de fundamental importância destacar o fato de que todo esse conjunto de "doutrinas" e de sabedoria coletiva da Escola de Pádua, que poderia ter se dispersado, foi coligido por Zabarella, que, com base nele, formulou a sua clássica versão de ensinamentos sobre método. Esse mesmo método, *Servatis servandis*, em especial, o duplo procedimento nos mesmos termos e com a mesma distinção, vai ser mais tarde empregado e conscientemente descrito por Galileu.

Destaque-se também que Zabarella - o novo Pappus dessa história - tinha uma visão sobre a lógica e o método semelhante a dos gregos: a lógica é um instrumento e não uma ciência. Na sua nova "coleção", ele adota a distinção averroísta entre as designações 'análise' e 'resolução'. Emprega o termo 'análise' quando o método é aplicado nas matemáticas; e 'resolução', quando aplicado nas ciências naturais. De toda forma, no entanto, conclui-se que, para Zabarella, análise e resolução se distinguiriam apenas quanto à sua esfera de aplicação. Mas vejamos mais uma passagem:

> *Zabarella e com ele toda a nova ciência, insistiu que a experiência deve primeiro ser analisada cuidadosamente para descobrir o "princípio" preciso ou a causa dos efeitos observados, a estrutura universal neles envolvida. Depois de se ter perseguido esta via analítica de*

> descoberta *estamos, então, em posição de demonstrar dedutivamente como os fatos se seguem desse princípio ou causa: podemos perseguir o caminho da verdade. O método científico, assim, procede da rigorosa análise de alguns exemplos selecionados ou lustrações para um princípio geral e, então, a partir desse princípio, de volta para o corpo de fatos sistematizado e ordenado, para a própria ciência formalmente expressa. Zabarella chama a isto de combinação dos métodos resolutivo e compositivo. E este foi precisamente o procedimento e os termos de Galileu.* (1940, p. 199).

A essas alturas, uma vez estabelecido que a relação conceitual entre análise-e-síntese e Resolução-e-composição se faz presente em Zabarella, resta-nos para complementar o nosso segundo ponto, apontar uma referência confiável como prova histórica de que Galileu compartilhou dos ensinamentos de Zabarella.

Diversas são as referências de como Galileu travou conhecimento com o corpo de doutrinas metodológicas organizada por Zabarella. Mas uma é tão notória que seria impossível Galileu não ter tido dele conhecimento. Trata-se do fato de que, quando Galileu chegou a Pádua, em 1592, ainda ecoava a grande controvérsia sobre questões metodológicas em que se envolvera Zabarella, de um lado, e Francesco Piccolomini e seu discípulo Petrella do outro. Ao relatar esse fato, como evidência de que Galileu travara conhecimento direto com esse corpo de conhecimentos lógicos e metodológicos, Randal exclama: *Não é surpresa que Galileu se parecesse tão freqüentemente com Zabarela.*[179]

De fato, como veremos a seguir, o método combinado de resolução e composição em Galileu, seguindo essa mesma linha de Zabarella, não apenas é o mesmo método, como também *este é o método chamado por Euclides e Arquimedes uma combinação de "análise" e "síntese", e, pelos paduanos e Galileu, "resolução" e "composição"*. (1940, p.206).

2- ANÁLISE E SÍNTESE *VERSUS* RESOLUÇÃO E COMPOSIÇÃO

Acabamos de ver, pela investigação do método de composição e resolução, a sua estreita relação com o método de análise-e-síntese. Vimos que Galileu foi herdeiro desse método resolutivo e compositivo e que a fonte imediata de onde Galileu absorveu este método

[179] Esse acontecimento marcou muito a Escola de Pádua que ficou dividida em duas facções: os partidários de Zabarella e os partidários de Piccolomini e Petrella. Existem relatos de testemunhas narrando esse fato detalhadamente. A este respeito veja-se Randal Jr. (1940, p. 202).

conservava igualmente a mesma trajetória do significado do método combinado de análise e síntese.

Estaremos agora fazendo um movimento em outra direção. Partiremos da própria passagem de Galileu em que ele mesmo descreve, o seu método, para em seguida analisarmos se se conserva aí o mesmo sentido da análise-e-síntese conforme investigado em todo a primeira parte deste trabalho e também nas suas fontes mais imediatas apontadas na seção precedente.

2.1 - O que Pappus Disse e o que Disse Galileu:

Nesta nossa análise, em especial, o nosso critério será a proximidade com a descrição do relato de Pappus. E a razão que apontamos para isso eé bastante simples: uma vez que o problema da interpretação do método de análise foi investigado e compreendido a partir das dificuldades encontradas nesse relato, então, acreditamos que quanto mais próxima da descrição de Pappus esteja a descrição dada ao método pelo próprio Galileu, com maior razão poderemos compreender o problema da interpretação do método em Galileu, em conexão com as soluções dadas ao problema da interpretação do método de análise-e-síntese. E a razão disso ficará mais clara depois de empreendido o paralelo entre as duas questões.

Uma dificuldade se apresenta aqui em nossa tarefa: a relativa escassez de descrições dadas pelo próprio Galileu com respeito a seu método. Isso pode se explicar pelo fato de que Galileu não é um teórico do método no sentido em que viria a ser Descartes. No entanto, a sua consciência do papel do método se reflete coerente e consistentemente ao longo de toda a sua exposição, metodologicamente resolutiva e compositiva. Isto é o que se observa ao longo dos teoremas e corolários e, sobretudo, dos problemas que se encontram nos "Discursos e Demonstrações em Torno de Duas Novas Ciências".

Com isso, essa dificuldade pode se tornar aparente. A nossa estratégia aqui será, pois, 1) analisar a descrição que Galileu faz do seu método e 2) analisar um problema da mecânica em Galileu sob a ótica da teoria do seu método, tudo em confronto com o modelo conceitual da análise-e-síntese. Com isso fecharemos o nosso circuito investigativo.

Iniciemos agora o nosso primeiro ponto. Vamos nos dedicar à consideração da relevante passagem de Galileu, encontrada na Primeira Jornada do *Diálogo*, em que Galileu nos oferece explicitamente a definição do método resolutivo.

Antes de tudo, convém observar que a descrição do método feita por Galileu, através da voz de Salviati, surge em confronto ao que afirma Simplício do método de Aristóteles. Vejamos a passagem:

SIMPLÍCIO: *Aristóteles funda-se inicialmente sobre o raciocínio "a priori" e deduz de princípios naturais claros e evidentes a necessidade e a inalterabilidade do céu, que, em seguida, estabelece "a posteriori" pelos dados os sentidos e pelas tradições dos antigos.*

SALVIATI: O que dizeis é o método segundo o qual ele escreve a sua doutrina, mas não creio que seja o que lhe permitiu encontrá-la, porque tenho como certo que, pela via dos sentidos, das experiências e das observações, ele teria primeiro o cuidado de certificar-se, tanto quanto possível, da veracidade da sua conclusão e que, em seguida, procuraria o meio de a demonstrar. **Assim procedemos** a maior parte das vezes nas ciências demonstrativas e isto porque se a conclusão é verdadeira, facilmente reencontramos, ao utilizar o **método resolutivo**, qualquer <u>proposição já demonstrada</u> ou chegamos a qualquer princípio evidente. Se pelo contrário, a conclusão é falsa, procede-se indefinidamente sem reencontrar qualquer verdade conhecida, ou então chegar-se mesmo a um absurdo manifesto.

Sem grande esforço, podemos ver aqui esta descrição do método resolutivo que guarda profunda semelhança com a descrição da análise dada por Pappus em especial da análise teórica. Retomemos aqui um trecho dessa passagem:

> *A análise, então, toma o que é procurado como se fosse admitido e, a partir disso, através de suas sucessivas conseqüências* (διά των εξής ακόλουθων), *passa para algo que se admite como ponto de partida da síntese: pois na análise, assumimos o que se procura como se isso (já) fosse dado (γέγονος), e investigamos algo de que provém, aquilo que o acarreta como resultado, e, novamente, qual a causa antecedente deste último e assim por diante, até que seja alcançada, pela retrodução dos nossos passos, alguma coisa, acima, já conhecida ou pertencente à classe dos primeiros princípios. A um tal método chamamos de análise como solução retrovertida (ανάπαλιν λύσιν).*
>
> ....
>
> *A análise, por sua vez, é de dois tipos: o primeiro é dirigido para a busca da verdade e se chama*

de análise teórica; o segundo se dirige para a descoberta do que estamos decididos a realizar e se chama análise de problema.

Na análise teórica, assumimos o que se procura como se fosse existente e verdadeiro. Feito isso, passamos, através de suas sucessivas conseqüências (διά των εξής ακόλουθων), *como se elas fossem também verdadeiras e estabelecidas em virtude da nossa hipótese, para algo admitido: neste ponto, (a) se o que é admitido é verdadeiro, então o que se procura é igualmente verdadeiro, e a prova corresponderá ao caminho reverso da análise; mas (b) se o que é alcançado é algo reconhecidamente falso, o que se procura é igualmente falso.*

....

Destaquemos, confrontando cada relato, os pontos visivelmente semelhantes:

1- **Ponto de Partida**: Em ambos os casos assume-se o que se deseja provar(demonstrar) como sendo verdadeiro:

a) Ponto de Partida da Análise: *assumimos o que se procura como se fosse existente e verdadeiro.*

b) Ponto de Partida da Resolução: A conclusão é (assumida como) verdadeira: *Se a conclusão é verdadeira ...*

2- **Movimento**: Ascendente ou contra a corrente em ambos os casos:

a) Movimento da Análise: do que é admitido para *alguma coisa, acima, já conhecida ou pertencente à classe dos primeiros princípios.*

b) Movimento da Resolução: *Da conclusão em direção até qualquer proposição já demonstrada ou chegamos a qualquer princípio evidente; (do efeito para a causa).*

3- **Limite**:Em ambos os casos quando se atinge algo reconhecidamente verdadeiro ou que se admite falso(absurdo).

a) Limite da Análise: *alguma coisa já conhecida como verdadeira ou pertencente à classe dos primeiros princípios ou algo reconhecidamente falso;*

b) Limite da Resolução: *qualquer proposição já demonstrada ou* (...) *qualquer princípio evidente,* ou então (...) um absurdo manifesto.

4- **Lógica Geral**: Em ambos os casos, se o que é admitido (suposição inicial) é verdadeiro, chega-se a algo verdadeiro, mas se a suposição inicial é falsa, chega-se a algo falso ou absurdo.

a) Lógica Geral da Análise: *(a) se o que é admitido é verdadeiro, então o que se procura é igualmente verdadeiro, e a prova corresponderá ao caminho reverso da análise; mas (b) se o que é alcançado é algo reconhecidamente falso, o que se procura é igualmente falso.*

b) Lógica Geral da Resolução: se a conclusão é verdadeira, facilmente reencontramos qualquer proposição já demonstrada ou chegamos a qualquer princípio evidente. Se pelo contrário, a conclusão é falsa, procede-se indefinidamente sem reencontrar qualquer verdade conhecida, ou então chegar-se mesmo a um absurdo manifesto.

Feito este confronto, entre o relato de Pappus e a descrição galileana do método resolutivo, fica visível que o modelo conceitual de ambos é o mesmo, em especial entre o método resolutivo e a análise teórica.

Do ponto de vista da análise de problema, pode-se observar essa conexão muito mais a partir do que Galileu **faz** do que o que ele **diz**. Nos Discursos sobre duas novas Ciências, são numerosos os exemplos de problemas "resolvidos" por Galileu. E disto veremos um exemplo adiante.

De toda forma, dá para se perceber já que Zabarella estava certo ao distinguir análise e resolução apenas pela sua esfera de aplicação: Análise nas Matemáticas (geometria) e Resolução nas ciências naturais.

Mas voltemos ao relato de Galileu do Método Resolutivo. Acreditamos haver ainda alguma coisa nessa passagem que, segundo entendemos, merece investigação e que é da maior importância ao nosso objetivo neste capítulo. Trata-se do que ele diz na primeira parte desse relato. Vejamo-lo:

> *Tenho como certo que, pela via dos sentidos, das experiências e das observações, ele* (Aristóteles) *teria primeiro o cuidado de* <u>*certificar-se, tanto quanto possível, da veracidade da sua conclusão*</u> *e que,* <u>*em seguida, procuraria o meio de a demonstrar*</u>.

Galileu nos leva a entender que, antes da <u>resolução</u> deve haver uma preparação. Alguns cuidados devem ser tomados para certificar-se da veracidade da conclusão que se pretende demonstrar. E este ponto é fundamental para a compreensão da metodologia de Galileu como um método único e não uma visão calidoscópica, ou anárquica.

Conceitualmente, no método de análise, é muito compreensível essa situação. Em especial depois da visão de Hintikka e Remos de análise como análise de figura, vista no capítulo IV. Vamos retomar um pouco essa situação e, em seguida, transpô-la para a metodologia de Galileu.

Ao se procurar uma prova para uma proposição euclidiana, o passo inicial é o que se chama de *ek-thésis*. Na análise do significado deste termo, temos '*ek*' e sua correspondente em latim '*ex*', que significa "o que sai", "o que provém" e "thésis", "o que é proposto", "o que se propõe". Deste modo, *ek-thésis significa* "o que sai", "o que provém" da proposição, da tese. É exatamente este o sentido geométrico: a *ek-thésis* corresponde a uma exposição ou explicitação do teorema geral a ser provado. Em termos da lógica moderna, como coloca Hintikka, isso importa em um passo de instanciação. Mas como, em Pappus, o teorema já aparece previamente exposto, isto significa dizer que normalmente a exposição geral é por ele omitida. Como costuma acontecer, é em razão disso que se julga necessário fazer essa explicitação, configurar "a figura", dividi-la em outras partes para estabelecer as conexões necessárias e <u>se estar seguro de que será possível construção</u> no caso de análise de problema ou <u>que é verdadeira a propriedade</u> que se deseja provar.

Deste modo, o procedimento da análise, merece nessa visão, um maior detalhamento. E assim teremos:

1) A análise, no sentido amplo, se divide em dois estágios: 1.1) a <u>análise</u> <u>restrita</u> (propriamente dita, "análise própria") ou <u>transformação</u> e 1.2) a <u>resolução.</u>

1.1) Na <u>transformação</u>, assume-se o que se procura como verdadeiro ou resolvido e, a partir disso, investigam-se dois tipos de antecedentes: a) as proposições anteriormente estabelecidas de que isso possa ser deduzido e b) as construções legítimas, os dados que possibilitem construir a formulação instanciada e as conexões (*concomitâncias*) que se pretenda legitimar. Chegando-se a proposições independentemente tidas como verdadeiras (na análise teórica) ou construções que se possa executar, (na análise de problema), encerra-se, aí, a análise restrita.

1.2) Na resolução, que é a segunda parte da análise ampla, deve-se provar que as premissas obtidas na transformação são verdadeiras, chamadas também de hipóteses intermediárias (na análise teórica) e que são legítimas as construções realizadas (na análise de problema).

2) A síntese, por sua vez, se inicia pelo que por último foi alcançado na análise e se compõe igualmente de dois estágios: 2.1) a construção da síntese, ou simplesmente construção (κατασκηυη) e 2.2) a síntese propriamente dita ou demonstração (αποδειξις).

2.1) Na construção, a figura que instancia a formulação geral é efetivamente construída de acordo com as construções que se revelaram legitimas no estágio analítico da resolução.

2.2) Na demonstração, prova-se a proposição inicialmente suposta como verdadeira ou soluciona-se o problema que se supôs resolvido, a partir das premissas alcançadas na transformação e estabelecidas na resolução.

Desta forma, não é de se estranhar a afirmativa de Galileu de que primeiro tem que se *certificar tanto quanto possível, da veracidade da sua conclusão* e que, *em seguida, procuraria o meio de a demonstrar*. Mas o que pode ser dificultoso aqui é entender isso como ele disse, *pela via dos sentidos, das experiências e das observações*.

E temos aí, a explicitação de mais uma herança galileana do método dos fisicalistas que desenvolveram *um método para a cuidadosa análise da experiência*, para o que se faz necessário a divisão da coisa em seus componentes.

Dentro da ótica da análise-e-sintese - e isto faz agora bastante sentido também na metodologia galileana - este procedimento que se chama de transformação, é o que deve anteceder à resolução, (lá como segunda parte da análise).

Em razão disso, é preciso observar o que Galileu faz ao examinar minuciosamente as causas a partir dos seus efeitos.[180] Embora concordemos com Hintikka[181] que associa essa passagem, de forma muito próxima, a Newton, no nosso modo de ver, um exame mais voltado para a primeira parte do relato da metodologia galileana por ele mesmo, nos leva a ver também uma grande proximidade com Stuart Mill, pois, na realidade, o que Galileu faz, nessa análise das "conexões" nada mais é do que a antecipação de um cânone do método de

[180] Hintikka e Remes, 1974, p.108.
[181] Veja-se Diálogo - Segunda Jornada. Galileu, 1967, 214.

Mill chamado de método das variações concomitantes. E é curioso observar aqui agora essa terminologia "concomitância" - em grego, "akólouton" - que, como destacou Hintikka, significa "o que vai juntamente com". De fato, para Galileu, no estudo das causas e pelos efeitos, causa é o que vai juntamente com o efeito. Estudar uma causa a partir do efeito é, pois, investigar o que **vai junto com ele** sempre que este ocorre. Senão vejamos.

Para aclarar melhor esse sentido de causa nesse contexto metodológico, comecemos por considerar a passagem de Galileu a seguir, tirada da Quarta Jornada do Diálogo.

> *Se é verdadeiro que para um efeito só pode haver uma única causa primordial, e se entre a causa e o efeito há uma firme e constante conexão, então sempre que surgir uma firme alteração no efeito, deve haver uma firme e constante variação na causa. Ora, uma vez que as alterações que ocorrem nas marés nos diferentes momentos do ano e do mês têm seus períodos firmes e constantes, deve-se dizer, portanto, que, nos mesmos momentos, há mudanças regulares na causa primordial das marés. Mas, neste dito momento, são constatadas apenas as*

> *alterações no tamanho das marés, isto é, um maior ou menor volume de água na enchente e na vazante e o seu curso com maior ou menor força. Deste modo, é necessário que, qualquer que seja a causa primordial das marés, que ela deverá aumentar ou diminuir a sua força nesse específico tempo determinado.* (....) Assim, se desejamos preservar <u>a identidade da causa</u>, há necessidade de encontrar, *no que foi aumentado ou diminuído, uma mudança que lhe confira um maior ou menor poder para produzir seus efeitos.*[182]

Na investigação da causa pelo seu efeito por meio das variações que constituem o próprio efeito, Galileu dá um salto fundamental ao exprimir essas variações em uma formulação matemática. Para isso, o rigoroso exame é fundamental. Por negligenciável que possa parecer um fato em sua aparência, por ínfima que seja uma variação, mesmo um "nada" pode se referir a uma causa, pois mesmo um "nada" é comparável a qualquer coisa. E não se trata aqui, como em Platão, de comparar essências entre elas, mas de extrair correlações invariantes e essenciais a partir de certas variações ou de determinadas diferenças (ainda que mínimas) inscritas nos <u>fatos</u>. E é isso que significa para

---

[182] Veja-se Diálogo - Quarta Jornada. Galileu, 1967, 445-446. A citação aqui tem função metodológica, pois não estamos aqui analisando o conteúdo científico do trabalho de Galileu, mas o seu métotdo.

Galileu *certificar-se, tanto quanto possível, da veracidade da sua conclusão.*

O salto que é dado por Galileu na análise das causas a partir dos seus efeitos em relação a Platão se exprime matematicamente na evolução da passagem da proposição geométrica $(A/B = B/C)$, a uma proposição aritmética $((A_1 - A_2) / (B_1 - B_2) = A/A)$. Como pode ser visto nesta outra passagem de Galileu:

> *Nas proposições geométricas, é necessário que a quantidade menor possa ser multiplicada até que exceda toda grandeza dada. Faz-se necessário, portanto, que essa tal quantidade seja algo e não nada; com efeito, o nada multiplicado por si mesmo não excede a quantidade alguma. Mas isso não é mais necessário nas proposições aritméticas: Nestas, um número pode manter com outro número a mesma proporção que o número com o nada... Desta forma, 20 está para 12, como 8 está para 0. ((20-12)/(8-0)). Por isso, se, como queria Aristóteles, os movimentos estivessem entre eles na mesma proporção geométrica que a sutileza (de um meio) com a sutileza (de outro), teria razão em concluir que, no vácuo não pode haver movimento no tempo;*

efetivamente o tempo (do movimento) no ar com o tempo no vácuo não pode ter [a mesma] proporção que a sutileza do ar com a sutileza do vácuo, uma vez que a sutileza do vácuo é nula. Mas, se a proporção das acelerações não fosse geométrica, mas aritmética, não resultaria nada de absurdo... Eis por que, no vazio, o móvel se moverá da mesma forma que no ar.[183]

Subjacente a esta discussão[184], encontra-se implícita uma tese que apóia esse ponto de vista: cada fato ou efeito, por mais tênue que seja, varia ao mesmo tempo em que a sua causa. E é isso, como dizíamos, que veio a ser chamado por Stuart Mill de método das variações concomitantes, cujo princípio básico é o de que *um fenômeno que varia de uma certa maneira todas as vezes que um outro fenômeno varia da mesma maneira, ou é uma causa ou é um efeito deste fenômeno, ou a este está ligado por algum caso de causação.*

Deste modo, fica posto por que, no contexto metodológico de Galileu, é necessário *pela via dos sentidos, das experiências e das observações,* se *certificar tanto*

---

[183] De Motu. Opere, I, p. 278-279,281, *apud* Koyré, El *De Motu Gravium de Galilée, in* Studios de istoria del pensamiento cientifico. 2. ed. Madrid: Siglo Veintiuno, **1978**, p. 238-239.

[184] "O erro de Aristóteles foi não ter compreendido que gravidade e velocidade não são qualidades últimas, mas propriedades relativas dos corpos, que expressam as relações entre as suas densidades próprias e a do meio em que se encontram: foi sobretudo ter representado a relação entre a potência e a resistência como uma propriedade geométrica e não como uma propriedade aritmética. Por isso concluiu que no vácuo a velocidade seria infinita. *Ibi ibidem, p. 238*

quanto possível, da veracidade da conclusão antes de procurar *o meio de a demonstrar,* pelo método de resolução.

Mas independentemente dos recursos de que se utilize Galileu, (em especial os geométricos) o nosso objetivo principal aqui é mostrar que, mesmo nos casos raros em que ele aborda a questão do método resolutivo, surge o princípio pappusiano da concomitância (ακόλουθον). Este aspecto que era um dos pontos recalcitrantes para a compreensão do método de análise, depois de elucidado, contribuiu enormemente para elucidar o seu verdadeiro sentido, compatibilizando a sua prática com a descrição oferecida.

Como vemos agora, esse mesmo aspecto possibilita igualmente uma melhor compreensão do método de Galileu. E, assim, não é um procedimento solto, como poderia supor Feyerabend (Capítulo VII), mas faz parte da unidade do método de Galileu a investigação e eliminação das possíveis causas do fato, antes de se partir para a busca das hipóteses intermediárias das quais deverá ser este deduzido, e para a descoberta dos princípios em que se sustentam essas hipóteses.

Esta situação, embora não bem compreendida, é, muitas vezes constatada por estudiosas da metodologia de Galileu. Exemplo disso é a passagem que nos apresenta Rovighi em seu trabalho sobre a Teoria do Conhecimento em Galileu:

> *Ma per "discorrere" sul dato di esperienza, ossia, per poter*

passare da una verità data, sperimentata, ad una'altra non sperimentata, è necessario servirsi di "principi universali e primi". Galileo, Che non ci espone sistematicamente uma lógica, non ci dice perchè a construir quela scienza ocorrano "principi universali e primi"; a pesuaderlo di tale necessità bastava probabilemente l'esempio della matemática, che è la scienza per eccelenza , l'attuazonione più perfetta della logicità. (1962, p. 214).

Embora a autora não explique bem o papel dos princípios universais e dos primeiros princípios, na metodologia galileana, é significativa essa constatação de que os dados experimentados remontam a uma hipótese intermediária (principi universali) e só serão garantidos pela hipótese intermediária se esta repousar nos "primi principi".

Mas a este ponto, Popper retrucaria dizendo que, se "em última instância" uma hipótese repousa em princípios, não precisaríamos mais deduzir nada dela para testar a sua verdade.

Para Galileu (e agora respondemos igualmente à especulação de Rovighi) é de fundamental importância que uma hipótese repouse em princípios ou em algo conhecido como verdadeiro exatamente para garantir a verdade do que se havia admitido (*ex suppositione*) verdadeiro. Pois, embora seja verdade que de algo verdadeiro não se pode chegar a algo falso, é igualmente verdadeiro que de algo falso se possa chegar a uma verdade. Deste modo, na metodologia galileana, o que vai garantir a verdade não é somente a experiência, mas também os princípios em que ela repousa. Diferentemente de Popper com a sua "lógica da descoberta", Galileu aspirava não só a descoberta da verdade, mas efetivamente desejava um ter um método que ensinasse[185] como descobri-la. É deste modo que a ciência galileana é feita com base nas sensatas experiências e nas necessárias demonstrações.

Mas, até agora, baseamo-nos muito mais no que Galileu diz sobre o seu método. Vejamos agora o que Galileu faz.

2.2 - O que Pappus Fez e o que Fez Galileu:

Nos Discursos em Torno de Duas Novas Ciências, temos exemplos sobejos da prática resolutiva e compositiva (demonstrativa) de Galileu. Por referência a Pappus, diríamos que são exemplos típicos de análise teórica (resolução e composição de teoremas) e de

[185] Veja-se, na primeira seção deste Capítulo, o emprego do método resolutivo no ensino da arte médica nas escolas de Pádua.

análise de problemas (análise e resolução de problemas).

Como na seção anterior verificamos através de diversos textos a proximidade do método de Galileu com respeito ao sentido geral da análise e, mais de perto, em relação à análise teórica, vamos verificar agora um exemplo típico do que Galileu fez ao aplicar o método na resolução de problemas.

Neste caso, a expressão "resolução de problemas" é comum tanto à terminologia pappusiana, quanto à galileana. Como veremos, embora o procedimento seja o mesmo, a primeira parte do método em Galileu é chamada de resolução e, em Pappus, análise e resolução; a segunda parte é chamada em Galileu de composição e, em Pappus, de síntese,[186] e demonstração. Mas o procedimento, em ambos, como será visto, é o mesmo.

Na Terceira Jornada dos Discursos e Demonstrações em Torno de Duas Novas Ciências, Galileu trata do movimento local, dividindo-o em duas partes principais: "Do Movimento Uniforme" e "Do movimento Naturalmente Acelerado".

Na primeira parte, mais breve, ele faz uma exposição sobre a nova ciência do movimento e, em seguida, bem ao estilo euclidiano, apresenta uma definição, uma advertência (sobre o novo sentido de

[186] Em nossa tese de mestrado "Sobre o Problema de Interpretação do Método de Análise", apresentamos um exemplo de análise-e-síntese de problema em Pappus, com um apêndice ilustrativo das diversas etapas por ele seguidas.

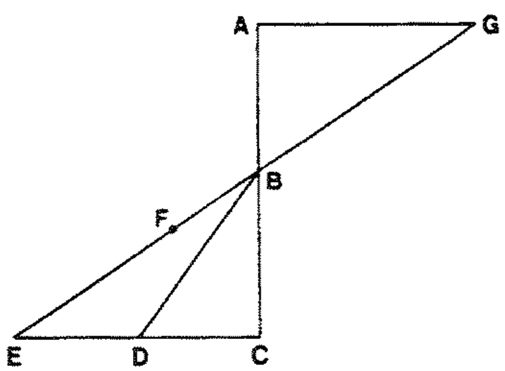
"uniforme") e quatro axiomas, a partir de que, na seqüência, trabalha seis teoremas, tudo a respeito de propriedades do movimento uniforme.

A segunda parte, mais longa e complexa, se inicia igualmente por uma introdução, onde ele expõe, sobretudo, a sua descoberta do movimento naturalmente acelerado, explicitando conceitos fundamentais e relações do *momentum velocitatis,* da *intentionem velocitatis* e os *momenta.* Temos aqui belos diálogos, astutamente construídos, entre os mesmos personagens do Diálogo: Sagredo, Salviati e Simplício. Ao longo de toda a jornada, encontramos, nessa segunda parte, além da demonstração de diversos teoremas, a resolução de diversos problemas (a parte mais interessante).

Desses problemas, escolhemos o Problema I, Proposição XIII, cujo tratamento dado por Galileu será acompanhado passo a passo, à luz dos procedimentos de Pappus nas etapas da análise (resolução em Galileu) e síntese (em Galileu, composição). Veremos que as etapas seguidas por Pappus para a descoberta e estabelecimento de solução do problema através do método e análise-e-síntese são todas igualmente percorridas por Galileu no exemplo em questão, nos procedimentos da Resolução e composição.

PROBLEMA I, PROPOSIÇÃO XIII[187]

Etapas Galileanas:	**Etapas Pappusians**
<u>Exposição do problema:</u> 1 *Dada uma linha perpendicular,* 2 *pede-se traçar, a partir desta linha,* 3 *um plano inclinado de mesma altura que* 4 *a perpendicular, no qual o movimento,* 5 *após a descida pela perpendicular,* 6 *se faz no mesmo tempo que aquele pela* 7 *perpendicular a partir do repouso.*	<u>Exposição:</u> *Ek-thésis:* explicitação do problema e Instanciação: representação através de uma figura. (Veja-se ao lado na prática de Galileu. Linhas 1-7 (cf. Figura).
1- <u>Resolução:</u>(linhas 8-38) Engloba as duas parte da análise.	1 - <u>Análise</u>: (linhas 8-38)
8 *Suponhamos que AB seja a* 9 *Perpendicular que é prolongada* 10 *até C, tal que BC seja igual a AB* 11 *e tracemos as linhas horizontais* 12 *CE e AG.*	1.1 - <u>Análise própria ou transformação</u>: (linhas 8-22) Assume-se o que se procura como se



[187] Galileu, Duas Novas Ciências. 1986, p. 160-161.

A partir de B, tracemos um plano Inclinado até a linha horizontal CE, no qual o movimento de descida a partir de A se realiza no mesmo tempo que o movimento por AB a partir do repouso em A. Seja CD igual a CB e, após ter Traçado BD, construamos BE igual a BD mais DC. Afirmo que BE é o plano que Buscamos.	Estivesse resolvido e, a partir disso, investigam-se dois tipos de antecedente: proposições estabelecidas de que isso possa ser deduzido, ou construções legítimas.
Prolonguemos EB até cortar a linha horizontal AG em G e seja GF a média proporcional entre EG e GB. EF estará para FB, assim como EG está para GF e o quadrado de EF estará para o quadrado de FB, assim como o quadrado de EG está para o quadrado de GF, ou seja, como EG está para GB. Mas EG é o dobro de GB; ***logo****, o quadrado de EF é o dobro do quadrado de FB. Analogamente, o quadrado de BD é o dobro do quadrado de BC; Conseqüentemente, EF está para FB, assim como DB está para BC.*	1.2 - Resolução (2ª parte da análise ampla): Linhas 23-38 Prova-se aqui que as premissas obtidas na transformação são verdadeiras e que são legítimas as construções realizadas.

	2 - Composição: (linhas 39-52). Engloba as duas etapas da síntese. (A composição se inicia pelo que por último foi alcançado na resolução).	2 - Síntese: (linhas 39-52) Inicia-se pelo que por último foi alcançado na análise.
39 40 41	*Componendo et permutando*, assim Como EB está para DB mais BC, BF estará para BC.	2.1 - Construção da Síntese (linhas 39-41): A figura que instancia a formulação geral é efetivamente construída de acordo com as construções que se revelaram legítimas no estágio analítico da resolução.
42 43 44 45 46 47 48 49	Ora, BE é igual a DB mais BC, portanto, BF é igual a BC ou a BA. Se concordarmos que AB é o tempo de descida por AB, GB será o tempo de descida por GB, e GF, o tempo por toda a distância GE. Portanto, BF será o tempo de descida pela parte	2.2 - Síntese propriamente dita ou demonstração (linhas-42-52): Soluciona-se o problema a partir das premissas alcançadas na

restante BE, após a descida a partir de G, ou a partir de A, que era o que procurávamos. (Termina-se a composição da solução ao se alcançar o que era procurado.	transformação e estabelecidas na resolução, chegando-se ao que inicialmente era procurado.

Vários outros exemplos podem ser encontrados. Alguns mais intuitivos (sobretudo na análise teórica aplicada na demonstração de Teoremas) e outros bem mais complexos (sobretudo os problemas). Todavia este exemplo atende ao objetivo que aqui queríamos alcançar: Mostrar que, na prática da ciência em Galileu ele se utiliza, de forma consciente, de um método (Compositivo e Resolutivo) que nada mais é que o antigo método de análise-e-síntese dos geômetras gregos criativamente transposto para a nova ciência do movimento. Ao longo dos *Discursos e Demonstrações Matemáticas em Torno de Duas Novas Ciências* - a sua mais importante obra -, Galileu revela esse seu método exercitando-o. E, assim, a partir do que o próprio Galilei fez, podemos ter a confirmação de nossa tese principal.

Finalizando este último capítulo, gostaríamos de observar que a aplicação de um método no estudo do movimento foi sempre um grande desafio ao longo de toda a ciência clássica. Era essa, realmente, uma tarefa instigante. E foi certamente por isso que Galileu expressou, de forma *resolutiva* no *De Motu*, o seu *desejo de usar um método para estabelecer a sua ciência* (a ciência do movimento) *sobre uma base axiomática, imitando o processo de raciocínio matemático,*[188]. Inspirado no antigo método dos geômetras gregos, Galileu concebeu uma nova utilização desse método. E foi assim, ao aplicá-lo na mecânica, essa nova ciência do movimento, que Galileu desencadeou a propalada revolução metodológica.

[188] Wallace, W.A., 1992, p. 65.

CONCLUSÃO: UM PARALELO ENTRE O PROBLEMA DA INTERPRETAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE-E-SÍNTESE E O PROBLEMA DA INTERPRETAÇÃO DO MÉTODO EM GALILEU.

É significantemente curiosa a semelhança que encontramos entre os caminhos epistemológicos discutidos pelos vários autores para a compreensão do método de análise-e-síntese e as questões epistemológicas igualmente suscitadas na interpretação do método em Galileu. Agora, ao final deste trabalho, algumas destas questões podem ser ressaltadas através de um paralelo entre os principais pontos comuns que ensejaram controvérsia de um lado, em torno do método de análise-e-síntese, do outro, em torno do método de Galileu.

Verificar que, na condução dos dois problemas, são detectadas dificuldades comuns é mais um indicativo que evidencia as proximidades e semelhanças entre o modelo de análise-e-síntese e o modelo resolutivo-compositivo de Galileu.

Como vimos na discussão sobre o significado do método de análise, na primeira parte deste trabalho, (Capítulos I-V) e do método de Galileu, na segunda parte (Capítulos VI-VIII), em ambos os casos, as diversas interpretações consideraram ora um aspecto, ora apenas outro. Quando se evidenciava, por exemplo, o aspecto da dedutibilidade, perdia-se a visão do significado heurístico do método e vice-versa. Desta forma, cada interpretação, a seu modo, embora apontasse aspectos de grande importância para a compreensão do método, o fazia através de uma visão reveladora parcial.

Ao termo desta conclusão, portanto, consideramos importante para explicitar essa situação, apresentar um breve paralelo entre o problema da interpretação do método de análise-e-síntese e o problema da Interpretação do método de Galileu.

Vimos, ao considerar a questão da interpretação do método de análise, uma discussão em torno do seu sentido direcional. Tratava-se de saber se os seus passos eram ascendentes ou descendentes. Além disso, intimamente relacionada com essa questão, tivemos a discussão em torno do tipo de inferência que aí se estabelecia (dedutivas ou não dedutivas). Não é difícil perceber que essas questões estiveram também subjacentes nas discussões sobre a interpretação do método de Galileu.

Com respeito a essa questão, tivemos na discussão do método de análise, por um lado, a posição dos historiadores da matemática e de Robinson a defender e enfatizar o aspecto da dedutibilidade (validade dos passos) como característico da análise. Com respeito ao método de Galileu, é Popper, entre outros, que destaca esse aspecto quando afirma, em diversas ocasiões, que o que Galileu fazia era observar as conseqüências que ele deduzira da teoria.

Por outro lado, os pontos levantados por Cornford, em relação ao método de análise, como método ascendente não dedutivo, como um tipo de movimento da mente em direção aos princípios, ou uma subida dialética por referência ao método de Platão, encontra também, em Koyré, um defensor dessa posição em referência ao método de Galileu.

Outra questão importante diz respeito à unidade do método.

A maioria dos que se dedicaram à interpretação do método de análise, consideram tratar-se de um único método voltado para a descoberta de provas de teoremas (análise teórica) ou para a descoberta da solução de problemas (análise de problemas). Essa é a posição defendida pelos historiadores da matemática, Heath, Zeuthen, Duhamel, e também por Robinson, Cornford, Hintikka e Remes e tantos outros. No entanto, encontramos uma posição discordante representada por Gulley.

Segundo a sua interpretação, como foi visto, embora Pappus, em seu relato, aparentemente esteja descrevendo um único método, como um único conjunto de regras, na realidade ora reproduz um tipo de análise que é dedutivo e ora um outro não dedutivo. Todavia, ao abordar essas formas distintas do método, supondo a equivalência das duas, para todos os casos de análise, não teria se dado conta das inconsistências envolvidas nessa sua suposição.

Hintikka mostrou claramente a inconveniência dessa terceira interpretação: ter que se admitir que Pappus, um exímio praticante do método, havia incorrido em inconsistência nessa sua descrição. E, no entanto, é realmente esta a conseqüência da visão de Gulley. Não estaria ele, talvez, vendo em Pappus um "geômetra anárquico?"

Em relação ao problema do método de Galileu, não aconteceu de modo diferente. A maioria dos que se dedicaram a estudar o seu método, embora discordem quanto a um ou outro aspecto, estão de acordo com que ele se utiliza, de forma consistente e coerente, de um único método. Mas essa não é a opinião de Paul Feyerabend, para quem Galileu é o protótipo do cientista anárquico, que ora se utiliza de um método, ora de outro e tudo o mais que vimos no capítulo III.

Por fim, cumprindo um dos objetivos desse trabalho, mostramos como faz sentido entender a metodologia galileana a partir da interpretação oferecida por Hintikka e Remes ao método de análise-e-síntese. Nessa nossa tarefa, como foi visto no Capítulo VIII, utilizamo-nos inclusive, em relação ao método de Galileu, as mesmas estratégias por eles empregadas na investigação do significado do método de análise, tais como, por exemplo, levantamento de informações históricas internas, análise de relatos, e dos conceitos neles envolvidos, confrontos com outros conceitos e de conceitos com a prática, ou seja, entre o que foi dito e o que foi feito.

Em face dos argumentos apresentados e como base nesse trabalho investigativo, consideramos altamente plausível afirmar que Galileu se utiliza, de forma efetiva e consciente, de um único método, resolutivo-compositivo - complexo é verdade - em especial por ser aplicado à ciência natural, e que, na base desse método, se encontra o modelo conceitual da análise-e-síntese.

A questão da unidade do método nos leva agora a retomar questão da indissociabilidade de 'análise' e 'síntese' e igualmente de 'resolução' e 'composição' como último e importante suporte ao ponto geral que temos defendido aqui e que é expresso no título deste trabalho: "Contra *Contra o Método*: Galileu na Rota da Análise-e-Síntese".

Como mostramos na primeira parte deste trabalho, em especial no capítulo IV, análise e síntese eram consideradas como partes complementares de um <u>único método</u>, e, em razão disso, é que temos encontrado, com freqüência, na literatura mais especializada, a expressão "Método combinado de análise e síntese".[189] E é por isso também que temos empregado a expressão "método de análise-e-síntese" e método "resolutivo-compositivo", pois, de fato, não teria sentido para

[189] **Essa idéia de combinação de análise e síntese em um único método é atribuída a Euclides. Veja-se Randal Jr. 1940, p. 206.**

Galileu utilizar-se da resolução sem a subseqüente composição, assim como não tinha para os antigos geômetras gregos.

Pois bem, essa idéia de um método único parece não combinar com o aspecto criativo e inovador da ciência de Galileu, que - segundo Feyerabend - ora se utiliza de um método, ora de outro. De fato, não é unidade e uniformidade, mas pluralidade e diversidade que combinam com Galileu. Assim, não é sem propósito que ele afirma, logo na introdução do "Adeus à Razão", que *a diversidade é benéfica, ao passo que a uniformidade reduz as nossas energias e os nossos recursos (intelectuais, emocionais, materiais)*.(1991, p. 9).

Mas foi por não enxergar essa diversidade na unidade do método em Galileu que Feyrabend explica a sua prática metodológica como procedimentos soltos. E, mais uma vez, a visão de análise de Hintikka e Remes, como vimos no capítulo VIII, é que nos dá conta dessa situação.

Deste modo, embora Galileu se utilizasse de um único método, tratava-se de um método que é, ao mesmo tempo, de descoberta e de prova como partes complementares e que, por isso, exigia a genialidade e a inventividade de um filósofo e cientista do porte de Galileu, que, com este modelo, empreendeu uma revolução metodológica na ciência, sendo um marco que inaugura a ciência moderna.

Concluindo este trabalho, resta-nos dizer que a exímia aplicação do método por Galileu na observação de fatos, em fazê-los remontar a hipóteses intermediárias e em chegar à descoberta de princípios matematicamente formulados para fundamentar essas hipóteses, das quais retorna depois às descrições desses fatos, é a tônica que o torna certamente um cientista de envergadura superior.

Deste modo, embora Galileu não tenha tido a preocupação de escrever um tratado sobre o método e tenha sido, sobretudo, esse cientista e "filósofo geômetra", como se definiu, preocupado com problemas das ciências naturais, teve a compreensão não exatamente de um "novo" método, mas de uma nova aplicação de um velho método para solucionar problemas. E foi como um resolvedor de problemas, em especial da ciência do movimento, que Galileu lançou mão do método para descobrir e estabelecer as suas soluções. É inegável que a "revolução galileana" tenha sido teórica, mas foi também significativamente metodológica.[190]

Por tudo isso, Galileu não pode mesmo ser considerado o cientista anárquico, pois teria de ser também o "filósofo-geômetra" anárquico. E, como foi visto, não é isso que encontramos na sua mais importante obra, os Discursos e Demonstrações Matemáticas em torno de Duas Novas Ciências.

[190]Veja-se a esse respeito o cuidados e detalhado trabalho de Clavelin. 1996, 35-44

Na rota da análise-e-síntese, Galileu Galilei transpôs, para a física, uma metodologia cujo modelo conceitual pertencia à geometria e, através dele, chegou à descoberta e à formulação de princípios até então inusitados, a demonstrações e a resultados tão importantes para o estabelecimento da nova ciência que reconhecidamente se tornou o marco inicial da ciência moderna.

BIBLIOGRAFIA:

1- ARQUIMEDES. Les oeuvres completes d'Arquimede. Traduite du grec en français par Paul Ver Eecke. Desclée pair Bruxelles: De Braouwer & Cie, 1921.

2- BACCA, J. D. G. Textos clássicos para la história de las ciências. Vol. I de la Biblioteca Filosofica del Anuario Episteme. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Instituto de Filosofia, 1961.

3- BACON. Novum organum. In Os Pensadores, Vol. XIII. 1ª Edição. Tradução de José Aluysio Reis de Andrade, São Paulo , Ed. Abril, 1979.

4- BANFI, A. Galileu. Porto: Editora 70, 1986.

5- ________________. Edições 70, 1986.

6- BEYSSADE, M. Descartes. Edições 70, 1986.

7- BLANCO, J. J. F. Galileo Galilei el filosofo.Universidad de Deusto, 1986.

8- BOYER , Carl B. História da Matemática. Tradução Elza F. Gomide. Editora Edgard Blücger Ltda. São Paulo, 1974.

9- BRÉHIER, E. História da Filosofia. Tradução Eduardo Sucupira Filho, Mestre Jou, São Paulo, 1977.

10- BRUNSCHWICG, L. Les étaps de la philosophie mathemátique. Vendôme: Presses Universitaires de France, 1947.

11- ________________. L'experience Humaine et la causalité physique. Librarie Félix Alcan, 1922.

12- BURTT, E. A. As bases metafísicas da ciência moderna, Tradução José Viegas Filho, Brasília, UNB, 1991.

13- BUTT, R. E. & PITT, J. C. New perspectives on Galileo. Dordrecht/Boston: D. Reidel Publishing Company, 1978.

14- BUTTERFIELD, H. As origens da ciência moderna. Edições 70, 1992.

15- BUTTS, R. E. (ed.) New perspecttives on Galieo. Boston: D. Reidel Publishing Co. , 1978.

16- CAMENIETZKI, C. Z. A mensagem de Galileu. Rio de Janeiro: museu de astronomia e ciências afins, 1987.

17- CAMPO, M. Galileo e l'empirismo *in* Il terzo centenario della morte di Galileo Galilei. Società Editrice Vita e pensiero, 1966.

18- CARUGO, A. & CROMBIE, A. C. The Jesuits and Galileo´s ideas of science and of nature. Revista internazionale di storia della scienza, 1983.

19- CARVALHO, M.C.M. (Org.) Paradigmas Filosóficos da Atualidade. Campinas, Papirus, 1989.

20- CHERNISS, H. Plato as mathematician in review of metaphisics 4 . S/l: s/e, 1951. p 395-425.

21- CLAGETT, M. Galileu e a cinemática medieval. Iniciação à história da ciência. Ed. Cultrix, 1966.

22- CLAVELIN, M. A revolução galileana: revolução metodológica ou teórica. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, 9/1996, 35-44.

23- CLAVELIN, N. La philosophie naturel de Galillée. Paris: Librarie Armand Colin, 1988.

24- ___________ . The natural philosophy of Galieo. Trad. de A.J.Pomerans. Cambridge: M.T.I., 1974.

25- ___________ . A revolução galileana: revolução metodológica ou teórica? CHFC, Campinas, n.9, 1986.

26- CLAVELIN et al. Galilée. Aspects de sa vie et de son oeuvre. Paris: Presses Universitaires de France, 1968.

27- COHEN, I. B. O nascimento de uma nova Física. Gradiva, 1985.

28- CORNFORD, F.M. Mathematics and dialectic in the Republic in Mind N.S. n.41, p. 61-95, 1932.

29- COSTABEL, P. et al. História geral das ciências. São Paulo:Difusão Européia do Livro, tomo 2, v.2, 1960.

30- CROMBIE A. C. Augostine to Galileu 2v. Harvard University Press, 1979.

31- DESCARTES, R. Discurso do método. Trad. de J.Guinsburg e Bento Prado Junior. São Paulo: Abril, v.15, 1983. Os Pensadores.

32- ___________ . Objeções e respostas. Trad. J. Guinsburg e Bento Prado Junior. São Paulo: Abril, v.XV, 1973. Os Pensadores.

33- ___________ . Meditações. Trad. de J. Guinsburg e Bento Prado Junior. São Paulo: Abril, v. XV, 1973. Os Pensadores.

34- ___________ . Regras para a direção do espírito. Lisboa: Estampa, 1971.

35- ___________ . Oeuvres Scientifiques (Extraits) par Marc Soriano. Paris:Larousse, 1956.

36- DIJKNSTERHUIS, E. J. The mecanization of the world picture. Oxford: University Press, 1969.

37- DRAKE,S. Galileu. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1981.

38- ________. Galileo at work, his scientific biography. Chicago: The University of Chicago Press, 1978.

39- ________. Galileo Galilei pioniere della scienza. Franco Muzzio editore, 1992.

40- DUBARLE, D. Le méthode scientifique de Galilée. Galilée: aspects de s avie et de son œuvre. Centre International de Synthèse, 1968.

41- DUHAMEL, J. M. C. Des méthodes dans les sciences de raisonement (Premiére partie). Paris: Gauthier-Villars, 1885.

42- DUHEM. P. To save the phenomena. Chicago: The University of Chicago Press 1969.

43- ________.Salvar os fenômenos. CFHC. Campinas: supl. 3, 1984.

44- EVES, H. Tópicos de história da matemática para uso em sala de aula. Atual editora, 1992.

45- ÉVORA, F. R. R. A revolução copernicana-galileana 2v. Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1988.

46- FAVARO, A. Edizione nazionale delle opere di Galileo. Firenze: S.A.G. Barbera Editore, 1933.

47- FERRO, C. Galilei e il problema del metodo agli inizi dell'età moderna *in* Nel quarto centenario della nascita di Galileo Galilei. Società Editrice Vita e pensiero, 1966.

48- ________. Galilei e Cartesio *in* Il terzo centenario della morte di Galileo Galilei. Società Editrice Vita e pensiero, 1966.

49- FEYERABEND, P. Adeus à razão. Edições 70, 1991.

50- ____________. Contra o método. Trad. O. Mota e L. Hegenberg. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

51- ____________. On the critique of scientific reason. In Cohen, R. et al. Essays in memory of Imre Lakatos. Dordrecht: D.Reidel, 1976.

52- __________________. Problems of empiricism. Cambridge University Press, 1981.

53- _________________. Realism, rationalism and scientific method. Cambridge University Press, 1981.

54- FINOCCHIARO, M. A. Galileo and the art of reasoning. Dordrecht/Boston: D. Reidel Publishing Company, 1980.

55- GALILEI, G. O ensaiador, em Os Pensadores. Nova Cultural, 1987.

56- __________ . Dialogues et lettres choisies. Hermann, 1966.

57- __________ . Dialogue Concerning the Two Chief World Systems - Ptolomaic & Copernican *translated by Stillman Drake, foreword by Albert Einstein.* Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press. 2ªed. 1967.

58- __________. Duas novas ciências. Trad. Pablo. R. Mariconda e Letízio Mariconda. São Paulo: Nova Stella, s/d.

59- __________. A mensagem das estrelas. Trad. Carlos Ziller Camenietzki. Rio de Janeiro: Salamandra, 1987.

60- __________. Ciência e fé. Trad. de Carlos Arthur R. do Nascimento. São Paulo: Nova Stella, 1988.

61- __________ . Discorsi e dimonstrazione matematiche intorno a due nouve scienze. In Favaro,A. Edizione nazionale delle opere di Galileo. Firenze: S.A.G. Barbera Editore, 1933.

62- GEYMONAT, L. Galileo Galilei. Barcelona: Península, 1986.

63- ____________. La fisica e il metodo di Galileo *in* Fortuna di Galileo. Editori Laterza, 1964.

64- GRANGER, G.G. René Descartes. São Paulo: Abril, 1973. Introdução ao v. XV de Os Pernsadores.

65- GUÉROULT, M. Descartes selon l'order des raisons. Paris: Aubieer-Editions Montaigne, 1953.

66- GULLEY, M. Greck geometrical analysis. Phronesis. Grécia, n. 33,p. 1-14, 1958.

67- __________. A análise geométrica grega. Trad. de Roberto Lima de Souza. Cadernos de história e filosofia da ciência. Campinas, n. 4, p. 16-27, 1983.

68- HACKING, I. Revoluciones Científicas. Fondo de Cultura Economica, 1985.

69- HAMBURGER, J. (Cord.) A filosofia das Ciências hoje: Lisboa, Editorial Fragmentos Ltda., 1988.

70- HEATH, T. L. The thirteen books of Euclid's elements. 2. ed. v. 1. New York: Dover Publications Inc., 1925.

71- HEMPEL, Carl G. Aspects of scientific explanations and other Essays in the Philosophy of Science.New York: Free Press, 1970.

72- HINTIKKA, J. Logic: lenguage-games and informations. Oxford: Llaredon Press, 1973.

73- ____________. A análise geométrica antiga e a lógica moderna. Trad. de Walter Alexandre Carnielle. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, Campinas, n. 4, p. 28-47, 1983.

74- HINTIKKA, L. & REMES, U. The method of analysis. Dordrecht: D. Reidel , 1974.

75- JARDINE, N. Galileo's road to truth and demonstrative regress. Studies in História and Philosophy of Science, n. 7, 1983.

76- KANT, I. La dissertation de 1770. Trad. par Paul Mouy, Paris, Vrin, 1942.

77- _____ . Prolegômenos. Trad. Tânia Maria Bernkopf. São Paulo: Abril, 1974. Os Pensadores.

78- KNELLER, G. F. - A ciência como atividade humana: São Paulo, Zahar/ EDUSP, 1980.

79- KOESTLER, A. O homem e o universo, Tradução de Alberto Denis, São Paulo, IBRASA, 1989.

80- KOYRÉ, A. Galileo and Plato. Journal of History of Ideas, n. 4, p. 400- 28, 1943.

81- ______ . The significance of the newtonian synteses. Archives Internationales d'Histoire des Sciences, n. 3, p. 291-311, 1950.

82- _______.Études d'histoire de la pensée scientifique. Paris: Gallimard, 1973.

83- ______. Studios de historia del pensamiento cientifico. 2. ed. Madrid: Siglo Veintiuno, 1978.

84- __________. Estudos galilaicos. Lisboa: D. Quixote, 1986.

85- ______. Do mundo fechado ao universo infinito. Lisboa: Grativa, s/d.

86- KUHN, T. S. A estructura das revoluções científicas. 2ª Edição. São Paulo: Editora Percpectiva, 1978.

87- LAKATOS, I. Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales. Traducido por Diego Ribas Nicolas. Madrid: Tecnos, 1974.

88- __________ . A lógica do descobrimento matemático. Org. John Worall e Elie Zahar.Trad. Nathanael C. Caixeiro: Zahar, 1978.

89- __________ . Mathematics, science and epistemology. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

90- _________. Matemáticas, ciência y epistemología. Alianza Editorial, S. A., 1981.

91- __________. Mathematic, science and epistemology. Cambridge University Press, London, 1978.

92- LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. (orgs.) A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. Editora Cultrix / EDUSP, 1979.

93- LEBRUN, G. René Descartes: prefácio e notas ao v. XV. São Paulo: Abril, 1973. Os Pensadores.

94- LIARD, L. Lógica. Trad. Godolfredo Rangel. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1968.

95- LOPARIĆ, Z. Scientific problem-solving in Kant and Mach. Dissertação de doutoramento. ISP, U.C.L. Louvain-la-Neuve, 1982.

96- _______. Heurística kantiana. Cadernos de história e filosofia da ciência. Campinas, n. 5, p. 71-89, 1983.

97- ________. Sobre o Método de Descartes. Manuscrito, vol. XIV - n° 2 - UNICAMP,/CLE, out. 1981.

98- _________. A Semântica transcendental de Kant. 2.ed. ver. Campinas: UNICAMP, CLE, 2002.

99- MAHONEY, M. S. Another look at greek geometrical analisis. Archive for History of Exact Sciences, n. 5, p. 319-48, 1968/9.

100- MAIRE, G. Platão. Edições 70, 1986.

101- MARX, K. Para a crítica da economia política. Trad. José Arthur Giannotti e Edgar Malagodi. Coleção "Os Pensadores", Vol.XXXV, São Paulo, Abril Cultural, **1974**.

102- MATES, B. Lógica elementar. Trad. Leônidas H. B. Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo: Nacional, 1968.

103- MENDELSON, E. Intriduction to mathematical logic. 2 ed. New York: D. Van Nostrand Company, 1979.

104- MERSENNE, M. Les nouvelles pensées de Galilée. Paris: J. Vrain, 1973.

105- _____________ . Les nouvelles pensées de Galillée. Librairie Philosophique J. Vrin, 1973.

106- MICHEL, P. H. et al. História geral das ciências. Tomo I. A ciência antiga e medieval. v. 2.: as ciências no mundo greco-romano.Trad. Ruy Fausto e Gita K. Ghinzvbery. S. Paulo: Difusão Européia do Livro, 1959.

107- MOSCOVICI, S. L'experience du mouvement. Paris, Hermann, 1967.

108- NAMER, E. L'intelligibilité mathématique et l'experience chez Galilée. Galilée: aspects de sa vie et de son œuvre. Centre International de Synthèse, 1968.

109- NEWTON, I. Principia. Nova Estrela, 1990.

110- OLGIATI, F. La metafisica de Galileo Galilei *in* Il terzo centenario della morte di Galileo Galilei. Società Editrice Vita e pensiero, 1966.

111- P. COSTABEL, M. A ciência moderna. Difusão européia do livro, 1960.

112- PIERUCCI M. Galileo e il principio di relatività *in* Nel quarto centenario della nascita di Galileo Galilei. Società Editrice Vita e pensiero, 1966.

113- PITT, J. C. Galileo, human knowledge, and the book of nature. Dordrecht/Boston: D. Reidel Publishing Company, 1992.

114- PLATÃO. A *república*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1987.

115- POKLYA, G. A arte de resolver problemas. Rio de Janeiro: Interciência, 1978.

116- __________. Mathematical discovery. Stanford: John Wiley & Sons, Inc. , 1962.

117- POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica*. Trad. Leônidas Hegenberg, S. Paulo: Cultrix / EDUSP, 1975.

118- __________. *Conhecimento objetivo*. Trad. Milton Amado. São Paulo: EDUSP, 1975a.

119- __________. Três concepções acerca do conhecimento humano. In "Os Pensadores, Vol. XLIV. São Pailo: Abril Cultural, 1975b.

120- ___________. Conjectures and refutations: the grouth of scientific knowledge. 4ª Edição. Londres:Routledge and Kegan Paul, 1972.

121- RANDAL, J. The development of scientific method in the School of Padua. Journal of History of ideas, n.1, 1940.

122- REALE, G. e ANTESERI, D. História da filosofia. Il pensiero occidentale dalle origini ad oggi - Brescia. 8 ed. 1986.São Paulo: Paulinas, v. 3 1990.

123- REDONDI, P. Galileu herético. Companhia das Letras, 1991.

124- RICH, B. Geometria plana. Trad. Ricardo Vieira Lima Magalhães Gondin. Rio de Janeiro: McGraw-Hill do Brasil, 1972.

125- ROBINSON, R. Analysis in greek geometry. Mind N. S. , n. 45, p. 464-73, 1936.

126- __________. A análise na geometria grega. Trad. Roberto Lima de Souza. Cadernos de História e Filosofia da Ciência, n.4, p. 5-15, 1983.

127- RONAN, C. A. História ilustrada da ciência. Rio de Janeiro: Zahar, v. 3 e 4, 1987.

128- ROUSSAU, P. Histoire de la science. Paris: A. Fayard, 1946.

129- ROVIGHI, Sofia Vanni. La teoria della conoscenza in Galileo. In Nel terzo centenario della morte di Galileo Galilei, Milano, Società Editrice "Vita e Pensiero", 1942.

130- SAGRE, M. The role of experiment in Galileo's physics. Archive for Histo0ry of Exact Sciences, v. 23, n. 3, p. 227-52, 1980.

131- SCIACCA, M. F. La filosofia hoy. Barcelona: L. Miracle, 1961.

132- __________. Galileo: A philosophical Study. The University of Chicago Press, 1974.

133- SHEA, W. La révolution Galiléenne. Paris, Éditions du seuil, 1992.

134- SIZI, F. Dianoia astronomica. In FAVARO, A. Ottica fisica. V. 3

135- SOARES, A.J. Dialética, Educação e Política: uma leitura de Platão. 2ª Ed.São Paulo, Cortez Editora, 2002.

136- SOUZA, R. L. Sobre o problema da interpretação do método de análise - da concepção tradicional à visão de Hintikka e Remes. Tese de Mestrado, Unicamp, 1985.

137- __________. Sobre o problema da interpretação do método de análise: da concepção tradicional à visão de Hintikka e Remes.Tese de mestrado, IFCH/UNICAMP.

138- __________. O método da geometria grega: a questão do justificacionismo na interpretação dos historiadores da matemática.Cadernos de Filosofia e História da Ciência. Campinas, série 2 , e (1), p. 67-83, jan/jun, 1990.

139- ____________. Verdade e metafísica: descartes na rota da descoberta dos fundamentos da ciência. In Princípios, ano 3 n. 4/jan/dez. 1996.

140- TANNERY, P. Mémoires scientifiques. Paris: Gauthier-Villars, 1915.

141- VINTI, C. Galileo e Copernico. Edizioni Porziuncola, 1990.

142- _________. Alexandre Koyré lettore di Copernico e di Galileo. Edizioni Porziuncola **1990** p. 83.

143- WALLACE, W. A. Galileo's logic of discovery and proof. Dordrecht/Boston/London: Kluwerr Academic Puublishers, 1992.

144- _________. Galileo and his sources. Princeton: University press, 1984.

145- ___________. Prelude to Galileo. Boston: D. Reidel, 1981.

146- ___________.Galileo's logical treatises. Dordrecht /Boston /London: Kluwer Academic Puublishers, 1992.