

2

A VISÃO CONTINUÍSTA DA CIÊNCIA DE ALISTAIR CROMBIE

2.1

O continuísmo histórico-epistemológico

O australiano Alistair Crombie (1915 – 1996), é considerado um dos mais influentes e importantes historiadores da ciência de nossos dias. Formou-se em Zoologia no Trinity College, da Universidade de Melbourne em 1938. Porém, continuou seus estudos na Inglaterra, bem como passou lá boa parte de sua vida. Obteve o título de doutor em 1942, na Universidade de Cambridge, com um trabalho relacionando o desenvolvimento das populações animais e o darwinismo. Foi nos períodos de 1943 – 1946 que ele se interessou pela filosofia e história da ciência. Dois autores o direcionaram definitivamente para o seu novo campo de estudos: o livro *The Mind and its Place in Nature* de C. D. Broad e os escritos de história da ciência de R. C. Collingwood. Dentro do seu novo campo de estudos, pesquisou exatamente os estilos de pensamento científico e seu desenvolvimento no contexto intelectual do final do período medieval e início da modernidade. Viveu em Oxford até a sua morte.

São conhecidos os argumentos de Crombie em favor do continuísmo entre a ciência medieval e moderna, no que diz respeito aos aspectos epistemológicos. Mas em que sentido e por que razão, Crombie conclui seus escritos com estes postulados? O autor analisa os processos históricos das construções metodológicas dos medievais e postula que a ciência, sobretudo nos séculos XIII e XIV, contribui decisivamente para a edificação da ciência moderna. Assim, o continuísmo crombiano se alinha numa perspectiva *evolutiva*, pois os objetivos intelectuais da ciência dos dois períodos eram diferentes, mas a Idade Média teria fornecido o suporte metodológico para a Idade Moderna. Ou seja, conceitos

físicos no âmbito da *dínamis*, como o ímpetus ou força cinética⁸, originaram o principal termo moderno do movimento chamado *Inércia*. Segundo Crombie, estes postulados (que se apresentam como alternativas à dinâmica aristotélica), são também expressões de uma mudança metodológica para a pesquisa científica, que inclui as descrições matemáticas do movimento. Este processo seria iniciado com as reações à física aristotélica, uma vez que sua ciência não explicaria certos aspectos do movimento e ainda quanto à metodologia da pesquisa científica. Ou seja, isso quer dizer que nos séculos medievais em questão houve uma forte tendência de matematização das qualidades dos corpos, ou dos entes que em última análise, era de influência neoplatônica.

É a partir do desenvolvimento da tecnologia e da construção de novas idéias sobre o método científico e das matemáticas, que se pode constatar a “derrocada” do sistema metodológico aristotélico⁹. É no campo da física, sobretudo no que diz respeito às questões mais caras a Aristóteles, que são sobre o espaço e movimento, que são desenvolvidos problemas sob as quais poder-se-iam resolvê-las utilizando os métodos experimentais e a matemática. Historicamente, Crombie coloca como decisivos para a construção da nova metodologia, o fato de os medievais terem recuperado (por tradução e comentários) toda a obra matemática dos gregos, inclusive o Livro I de *Os elementos*, de Euclides,¹⁰ e o texto de Arquimedes. É importante frisar que a matemática só seria instrumento científico a partir do século XIII; até lá era utilizada de forma esporádica e para fins práticos e que as partes da matemática foram desenvolvidas gradualmente, com o dado do conhecimento dos textos dos outros matemáticos gregos e árabes (nos campos da Aritmética, Álgebra e Geometria, colocados nesta ordem) que outrora eram pouco conhecidos:

Ainda que a matemática fosse considerada no século XII como a ciência modelo, os matemáticos ocidentais não se acharam dignos desta reputação até começo do século XIII. A matemática prática conservada nos mosteiros beneditinos durante a primeira parte da Idade Média e ensinada nas escolas

⁸ - O primeiro a usar este termo “força cinética” foi João Filopono, para criticar a noção aristotélica da resistência e a força motora do ar para a permanência do movimento da flecha, uma vez que esta havia se distanciado de seu motor inicial (o arco). Desta crítica, decorre o desenvolvimento de outras teorias do movimento que se apresentaram como alternativas ao conceito de movimento em Aristóteles.

⁹ - Mais detalhes no tópico 2.2 deste capítulo, onde serão apresentados os argumentos externalistas das construções científicas neste período.

¹⁰ -Cf. Crombie in, *Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo*, Vol. II, p. 12.

catedralícias e monacais fundadas por Carlos Magno ao final do século VIII, era muito elementar e se limitava a precisamente fazer contas, calcular a festa da Páscoa e medir a terra para deslindar¹¹.

Desse modo, com o aperfeiçoamento da técnica matemática, a partir do séc. X, implicados na tradução e comentários às obras dos autores gregos e árabes, com a devida correção de alguns dos conceitos matemáticos postulados pelos antigos (como por exemplo, a correção de aspectos do sistema arábico hindu e de algumas teorias geométricas), aliados ao conceito de ciência demonstrativa (que seria a dedução de princípios particulares de princípios primeiros e mais gerais), constituiu o contexto intelectual da ciência do século XIII, sem a qual não seria possível, segundo Crombie, pensarmos numa revolução científica medieval. No campo da ciência da natureza, houve discussões sobre a metodologia de pesquisa: sobre como chegar a esses princípios gerais, a ponto de se poderem distinguir teorias verdadeiras das falsas e ainda, sobre a relação entre teoria e fato (o fenômeno natural). Também vale destacar que a principal discussão metodológica, entre os filósofos da natureza e os físicos medievais é a aplicação do método experimental e indutivo no âmbito das análises de cada aspecto do fenômeno, com o acréscimo das discussões sobre a verificação e invalidação de hipóteses, bem como a característica da visão aristotélica sobre a causalidade.

É no campo das discussões metodológicas, como afirmei de modo implícito anteriormente, que aparecem as dissensões a Aristóteles. Embora essa dissensão seja meramente alternativa e não necessariamente quebra de paradigma (no sentido Kuhniano de ruptura ou mutação intelectual), concebe-se a ciência da natureza como ciência indutiva e experimental, bem como matemática:

Começaram a elaborar o conceito da ciência da natureza como sendo a princípio indutiva e experimental tanto como matemática, e começaram a desenvolver os procedimentos lógicos da investigação experimental que caracteriza fundamentalmente a diferença entre a ciência moderna e antiga.¹²

Ou seja, tal método, que apela para observações puramente teóricas, a partir de premissas autoevidentes (como no caso de Arquimedes e de Euclides), contrasta com o método empírico de Aristóteles. E mais ainda: isso era aplicável aos temas matemáticos, que em última análise, são abstratos. Isso é reforçado pela

¹¹ -Idem, p.14.

¹² - Idem, p. 17.

forte influência platônica (através de sua dialética) exercida sobre o pensamento medieval. O método experimental como ciência demonstrativa apela para as cadeias de deduções a partir de princípios gerais e abstratos, que podem ser demonstrados matematicamente ou pelas regras da lógica. Ainda assim, a metodologia científica de Aristóteles estava consolidada, com o auxílio da Igreja e com isso, os pensadores medievais faziam acréscimos, incluindo exemplos abstratos (matematicamente falando) e cadeias de deduções no interior da doutrina aristotélica.¹³ O que era um puro empirismo (tipicamente aristotélico), dá lugar, para Crombie, à ciência experimental e matemática:

No século XIII, o conhecimento do conceito grego da explicação teórica e demonstração matemática, conseguida graças às traduções de obras clássicas e árabes, pôs os filósofos em uma posição propícia para converter o empirismo teórico ingênuo de seus predecessores em um conceito de ciência que por sua vez é experimental e demonstrativa.¹⁴

A principal figura, que para Crombie inicia todo esse processo revolucionário, é Roberto Grosseteste. Embora o seu pensamento científico seja de base aristotélica (na distinção aristotélica entre o conhecimento de um fato – fenômeno – e a razão desse fato), em aspectos fundamentais da pesquisa científica, recebeu a influência platônica, no que diz respeito à visão matemática da natureza. Historicamente, é considerado o grande fundador do pensamento científico em Oxford, com influência sobre os demais pensadores ingleses (como Roger Bacon e provavelmente sobre Bradwardino e os pensadores do Merton College), chegando até a modernidade. Nas concepções de ciência de Grosseteste, havia três aspectos fundamentalmente diferenciados, que seriam a base das discussões sobre o método da pesquisa científica até o século XVII: o aspecto indutivo, o experimental e o matemático. Quanto ao aspecto indutivo, Grosseteste afirmava que para procedermos dedutivamente (o movimento de mensurarmos causa e efeito), era preciso que antes busquemos a causa do fenômeno a partir do seu efeito. Ou seja, procedia de acordo com Aristóteles no que diz respeito à indução (de buscar a causa a partir do seu efeito) e que também seria preciso, através dos sentidos, conhecer os fenômenos físicos. Mas, o problema da indução,

¹³ -Donde se lê: “Por exemplo, Grosseteste interpretou claramente a Aristóteles em um sentido platônico e introduziu em sua lógica, exemplos de postulados tomados de Euclides” (idem, p. 18).

¹⁴ -Idem, p. 19.

segundo o bispo de Oxford, era o de precisamente como descobrir as causas dos fenômenos pelos seus efeitos. Isso implica dizer que proceder indutivamente significa partir dos sentidos, no que concerne ao conhecimento dos fatos físicos, e depois abstrair desses objetos os princípios e causas que fundamentam estes objetos. Ainda em Grosseteste, por influência aristotélica, temos que o objetivo da pesquisa científica, ao analisar os objetos ou fenômenos, é a busca dos princípios ou formas substanciais que os causam, condição necessária e suficiente desses fenômenos.

Crombie constata que Grosseteste teria sido o primeiro aplicador do método experimental nas ciências e que anteciparia todo o desenvolvimento da ciência na modernidade. São conhecidos os métodos da *resolução* e *composição*¹⁵, como método de observação controlada de todos os fenômenos naturais. A filosofia da natureza medieval fundamentalmente investiga os fenômenos em torno do conceito de causa primeira; porém, o aspecto revolucionário de Grosseteste, segundo Crombie, é o fato da observação controlada, que será preponderante na ciência moderna. A resolução seria uma análise do fenômeno em seus princípios (ou simplesmente os princípios constituintes), ou ainda classificar os princípios através das semelhanças e diferenças entre os fenômenos. Dado isso, estabelecia-se a conexão causal entre os fenômenos; a composição seria a dedução: a caracterização dos fenômenos a partir de hipóteses construídas, derivadas dos princípios descobertos e assim, estabelecendo a relação entre causa e efeito entre esse princípio geral e o fenômeno observado na resolução. Com isso, ele *verificava e falsificava* hipóteses baseadas neste método¹⁶. Cito uma passagem crombiana em que Grosseteste expõe, pelo método acima descrito, a causa, por exemplo, da existência dos chifres e “vários estômagos” em certos animais:

Ilustrou o seu método mostrando como chegar ao princípio comum que fazia com que os animais tivessem chifres(...)se devem à falta de dentes na mandíbula superior destes animais aos que a natureza não dá outros meios de defesa além de seus chifres, assim *como* faz o cervo com sua rápida corrida e o camelo com o seu grande corpo. Não ter dentes na mandíbula é também a causa de se ter vários estômagos, pois possuem dificuldade de mastigação.¹⁷

¹⁵ -A *Resolutio et compositio* são termos latinos traduzidos que foram resgatados da geometria grega. Equivale aos termos *análise* e *síntese*.

¹⁶ - Cf. Crombie, Alistair, *Science, Art and Nature in Medieval and Modern Thought*, p. 44.

¹⁷ -Grosseteste, *Comentários aos analíticos posteriores*, Livro 3, capítulo 4 apud Crombie, San Agustín a Galileo, p.23.

Uma outra importante contribuição de Grosseteste foi a matematização da física no campo da Óptica. Para ele, a ciência da natureza carecia daquele instrumento que permitisse uma precisão na descoberta da causa e pontuar o estabelecimento da relação causa-efeito e que pudesse haver demonstração das descobertas. Assim, a matemática cumpre este papel. Para Crombie, Grosseteste postulava que somente na matemática era possível fazer demonstrações que permitissem realizar deduções de teorias e que ainda pudessem pontuar as contradições entre teorias que teriam por consequência a refutação ou verificação das mesmas, uma vez que os axiomas matemáticos, bem como seus instrumentos são precisos e imunes às contradições. Poderia então ser empregada para extrair precisamente, pontualmente as causas ou a causa dos fenômenos, que não eram evidentes aos nossos sentidos. Era a partir das deduções, auxiliadas pela precisão matemática, que seria possível avaliar e eliminar as contradições existentes entre as teorias e assim, obter um conhecimento legítimo e autêntico desses princípios ou formas causais dos fenômenos. Assim, ele estabelece para a sua metodologia de pesquisa dois aspectos: 1ª) do princípio de uniformidade, onde os efeitos observados e mensurados possuem as mesmas características, por possuírem as mesmas formas ou princípios; 2ª) baseado em Aristóteles, o princípio de economia ou da generalização, onde a natureza opera por menor número de princípios. Fundamentalmente, ele utilizou o segundo aspecto de sua metodologia para fundamentar a lei da reflexão e da sua lei da refração da luz. Ele procurou conceituar a natureza em princípios objetivos e pragmáticos. A matemática forneceria os fundamentos, com seus princípios e métodos para a pesquisa das causas. Mais uma vez cito Crombie:

É da maior utilidade a consideração das linhas, ângulos e figuras porque é impossível entender a filosofia da natureza sem elas. Porque todas as causas de efeitos naturais hão de ser expressas por meio de figuras, linhas e ângulos, porque de outro modo seria impossível ter conhecimento da razão destes efeitos.¹⁸

Com isso, Grosseteste considera que apesar das diferenças, as outras ciências (incluindo a física) devem se subordinar à matemática, pois esta pode dar a descrição precisa dos fenômenos observados. É a matemática que permite

¹⁸ - Grosseteste, *De lineis, angulis et figuris* apud Crombie 1959, p. 28.

abstrair as causas. Isso aparece nos estudos de Grosseteste sobre a Óptica. Vale lembrar que toda a sua concepção cosmológica é baseada numa metafísica da luz. Assim, ele procurou dar uma descrição geométrica para as refrações da luz. Luz como força, como motor de tudo que se movimenta, diferenciada da luminosidade (enquanto efeito plástico da claridade)¹⁹. Grosseteste parte para a construção científica de sua cosmologia da luz a partir das considerações teológicas sobre as mesmas.²⁰ Como “matéria-prima fundamental”, a luz é incorruptível e imutável, não possuindo nenhum elemento composto. É onipresente, pois é o principal agente causal de todo o movimento e de toda a multiplicidade fenomênica. É a luz na natureza, o princípio de unidade e de diversidade. Grosseteste recorre justamente à matemática para compreender como que a luz, sendo uma entidade simples e não composta, possa originar diferentes fenômenos. As leis da óptica, e sua aplicação geométrica respondem pela intenção científica do estudo da luz. Cientificamente falando, Grosseteste analisa o comportamento matemático da luz:

A primeira forma corporal, que alguns chamam corporeidade (*corporeitatem*), eu mantenho ser a luz. Pois a luz (*lux*) por sua própria natureza se difunde em todas as direções, de forma que de um ponto de luz uma esfera de luz é instantaneamente gerada, desde que um corpo opaco não interfira. Corporeidade é o que necessariamente segue da extensão da matéria em três dimensões.²¹

Mas, como ocorre a propagação da luz? Para que os fenômenos ocorram a partir da luz, é preciso dois elementos: o agente e receptor e a ação e passividade. A luz como poder, vinda do agente, se propaga através dos ânnulos, figuras e linhas de modo que o efeito se dê de forma apropriada no receptor. Sendo assim, ela não é somente poder (*virtus*), mas também forma (*species*), por conta da variação de efeitos que ela produz na natureza. A variação de sua ação depende também do ângulo em que alcança as superfícies destinadas.

¹⁹ - Crombie atenta para a diferenciação entre *Lux* e *Lumen*. A *Lux* é a força universal, motora, enquanto que *lumen* é o seu efeito, claridade. Idem, p. 43-45.

²⁰ -É bem provável que Grosseteste tenha tido acesso à obra de Pseudo - Dionísio sobre a Luz. Dionísio havia identificado Deus como Luz, que não só ilumina, mas que dá vida a tudo que existe. Portanto, uma interpretação teológica. Quanto à pesquisa científica da mesma, Grosseteste fora influenciado por Al-Kindi.

²¹ -Grosseteste, *On Light (De Luce)* Milwaukee, Marquette U. P., 2000.

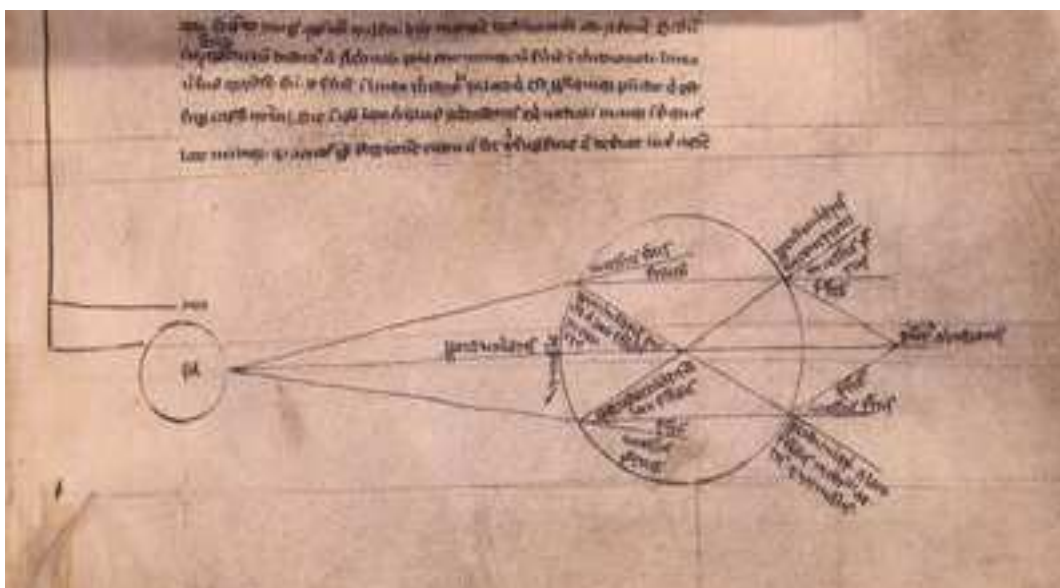


Fig. 1 Um modelo geométrico do comportamento das refrações da luz feita por Grosseteste.

Na última citação mencionada, Grosseteste fala do corpo opaco que pode interferir na geração da luz e de sua propagação. A repercussão da luz só pode acontecer mediante a presença de um obstáculo, que para ele é justamente o receptor. Ele cita como exemplos de repercussão da luz o som, que é a luz incorporada no ar, do arco-íris, que é a luz incorporada às moléculas de água e do reflexo, que é a luz que se encontra com um espelho. É sobretudo pelo exemplo do espelho, que Grosseteste afirma que as imagens refletidas nele, são originadas pela dispersão de raios que incidem em todas as direções a partir de um único ponto. Essas dispersões dos raios de luz e dos vários ângulos de recepção dos mesmos é o que configura a multiplicação das espécies ou do aparecimento da multiplicidade encontrada na natureza. É com Roger Bacon que ouvimos falar em perspectiva, para qualificar os diversos ângulos de recepção dos raios de luz que se propaga em linha reta e nos mais diversos sentidos, e que dada a incidência dos raios luminosos nas almas através do olho (literalmente para Grosseteste o espelho ou janela da alma), temos as manifestações geométricas existentes nas coisas iluminadas (por exemplo, a distância entre a alma ou o receptor da fonte de radiação e seus ângulos de incidência), sem que a própria luz perca a sua substância.²²

²² - Cf, Cromie, *Science, art and nature in Medieval and Modern Thought*, pp. 45 – 47.

Sem perder de perspectiva as questões sobre o método levantadas por Grosseteste (a caracterização do método experimental enquanto “razão e experiência”, tendo por objetivos a descrição das causas dos fenômenos e suas “condições de possibilidade”²³ de sua produção) em relação com a sua cosmologia acima descrita, estão os seus estudos sobre o arco-íris e a sua influência da aplicação do seu método neste campo de estudos em autores como Roger Bacon e Witelo. Estes cientistas da natureza são considerados os primeiros que efetivamente levaram adiante o pensamento metodológico de Grosseteste e que aprimoraram os estudos do bispo inglês sobre as formações do arco-íris. A preocupação central era o de como as cores se formam através da gota de chuva e de como o observador percebe este fenômeno. Estes são considerados os dois problemas centrais na investigação deste tema. Aplicando o método experimental, concluiu-se que a formação das cores, e de sua justaposição percebida pelo olho do observador (ou do receptor) se dá através da descoberta da refração da luz do sol (que se propaga em linha reta) nas gotas de chuva que caem descontinuamente e que possuem a forma geométrica do círculo (redomas circulares). O conceito de perspectiva é lançado por Bacon para explicar a condição pela qual as cores do arco-íris se justapõem em determinadas posições. Já para Witelo, isso seria possível porque o observador seria capaz de perceber a luminosidade refratada na superfície convexa da gota de água, condição fundamental para a produção das cores espectrais ou simplesmente o arco-íris. Esse é um dos temas estudados pela óptica que como vimos, segundo Crombie, permitiu a Grosseteste problematizar a respeito da busca das causas primeiras e, decorrentemente, a descrição minuciosa dos fenômenos provenientes dela aplicando à experimentação. O mais importante: a busca pelas causas, desenvolvida no seio do método indutivo, só é possível pela aplicação das propriedades geométricas (ângulos, linhas e figuras) que vimos expostos na descrição da cosmologia da luz e na citação feita anteriormente.²⁴

É este o aspecto revolucionário da ciência medieval segundo Crombie: a subordinação das ciências da natureza à matemática, pois só ela (a matemática) é que é capaz de nos dar a razão ou as causas dos fenômenos:

²³ - Favor não confundir com o que Kant entende por condições de possibilidade.

²⁴ -Para um aprofundamento sobre como Grosseteste estuda a forma do arco-íris, aplicando o método experimental, Veja o volume I de Agustín a Galileo, pp. 98-99.

Grosseteste considerou de fato as ciências físicas como estando submetidas às ciências Matemáticas, no sentido de que as Matemáticas podiam dar a razão dos fatos físicos observados; ainda que ao mesmo tempo mantinha a distinção aristotélica entre as proposições matemáticas e físicas em uma teoria dada e afirmava a necessidade de ambas para uma explicação completa.²⁵

A matemática permitia então que se abstraísse as causas. Essa foi a característica predominante do uso das ciências matemáticas no século XIII. Com o avançar do século, sobretudo no século XIV, apesar da resistência dos escolásticos, as explicações causais, oriundas da física aristotélica começaram a cair por terra. Cada vez mais se tinha o interesse pela descrição dos fenômenos e de suas variações (concomitantes ou não), empregando-se a matemática sem a recorrência das causas. Vê-se também a aplicação dos instrumentos de medidas para a realização das observações desses fenômenos, facilitando, ao olhar de Crombie a falsificação de teorias e a detecção dos contextos dos mesmos de forma experimental. Dada as dificuldades impostas pelo sistema físico aristotélico, no que diz respeito às aplicações da matemática e até mesmo do método experimental, assiste-se a novas construções no âmbito da física, de modo a se suplantar estas dificuldades (sobretudo com o surgimento da cinemática, conforme veremos adiante). Assim, o ambiente intelectual dos séculos XIII-XIV está preocupado com a discussão sobre o método indutivo, em relação aos acréscimos da Matemática e do experimentalismo. É desse debate, iniciado e devidamente desenvolvido por Grosseteste, que nasce a ciência Moderna que, segundo Crombie, é maturamente matemática e experimental. Isso se apresentaria como um processo: trata-se vagarosamente de cada aspecto da discussão da metodologia de pesquisa científica e de suas relações com a matemática e com a lógica (que a partir do século XIV os cientistas estudam-na separada da prática experimental). Ainda segundo Crombie, este debate se preocupa puramente com as questões de método, colocando-as em precedência à observação empírica. Assim como os modernos, os medievais se preocuparam em investigar aquilo que permanece por de trás do real (ou seja, vimos que este interesse se expressa na identificação de uma causa geral – como no princípio de economia em Grosseteste – e na própria abstração matemática destas causas).

²⁵ -Crombie, 1959, p. 28. Cf. também *Medieval and early Modern science*, p.13. Do mesmo autor.

É fundamental, portanto, a influência de Grosseteste para a história da ciência, segundo Crombie. Isso quer dizer então que o bispo inglês foi o primeiro a suscitar o debate sobre o estatuto da pesquisa científica e pela introdução da descrição dos fenômenos, com a aplicação dos novos métodos aqui citados. Além de Roger Bacon e Witelo, que ao estudar o fenômeno do arco-íris, iniciado pelo próprio Grosseteste, retomando os estudos sobre estes mesmos fenômenos do próprio Aristóteles, temos também a continuação dessa discussão metodológica feita por Alberto Magno. Por motivos de especificidade e objetividade, não poderemos tratá-lo aqui. Mas a citação se faz necessária para termos noção da dimensão da importância histórica do autor. A ponto de Koyré identificar Grosseteste, analisando o pensamento Crombiano, como “o herói de Crombie”. Fundamentalmente, Alberto Magno se dedica ao problema do método indutivo através dos escritos de Roger Bacon, que pôs em marcha o processo de matematização da física. Cito Alberto Magno:

Esta ciência experimental tem três grandes prerrogativas a respeito às outras ciências: a primeira é que investiga por meio do experimento as conclusões nobres de todas as ciências. Porque as outras ciências sabem como descobrir os seus princípios por meio de experimentos, mas suas conclusões são obtidas por meio de argumentos baseados nos princípios descobertos. Mas se elas devem ter experiência concreta e completa de suas conclusões, é necessário então que a tenham com a ajuda desta nobre ciência. É certo, em verdade, que a matemática possui experiência geral a respeito às suas conclusões no caso das figuras e números, que são aplicadas da mesma forma a todas as ciências e a esta ciência experimental, porque nenhuma ciência pode ser conhecida sem as matemáticas. Mas se dirigimos nossa atenção à sua própria disciplina, é necessário ater-se ao modelo de considerações desta ciência que se chama experimental.²⁶

O resultado intelectual de todo esse processo é a da passagem da preocupação em se descobrir as causas ou “formas” da natureza, no sentido aristotélico, para a descrição das leis naturais, tal como os modernos as postulavam. A matematização da física foi o elemento de fundamental importância para a realização dessa mudança do objeto de pesquisa ou de investigação científica. Quanto à citação acima mencionada, podemos fazer um resumo das três prerrogativas da ciência experimental: confirmar as conclusões do argumento matemático, acrescentar à ciência dedutiva um conhecimento que por

²⁶ - Alberto Magno, *Opus Majus*, apud Crombie, 1959, p. 30.

si só não seria possível progredir, e descobrir novos campos do saber que ainda não foram “iluminados” ou descobertos. A matemática “amarrou” toda a construção do conhecimento do mundo natural a si mesma. Vimos que Grosseteste, por exemplo, analisa matematicamente a propagação da luz; sem o poder da geometria, segundo ele, não seria possível chegar às causas gerais e eficientes. As reflexões e refrações da luz são vistas em tratados de geometria.

É ampla conforme citada, a influência de Grosseteste na história do pensamento. Alberto Magno é considerado o primeiro cientista a tratar teoricamente o problema da indução levantado por Grosseteste; após Magno, o método se desenvolve fundamentalmente nas escolas médicas em consonância com os problemas lógicos: aplicava-se a lógica clássica (portanto aristotélica) para o estabelecimento de deduções por premissas e a verificação experimental comprovava ou falseava as conclusões que se apresentavam como deduções. Houve também, neste mesmo ambiente, o desenvolvimento da resolução e composição na mesma consonância com o método experimental, no século XVI. Importante também frisar a influência sobre Ockam, no que diz respeito ao princípio de economia, segundo aspecto da metodologia de Grosseteste. Ockam concorda que a natureza precise agir sob um menor número possível de princípios, mas não postulando a idéia da existência de uma única causa, ou causa geral donde se produzam os efeitos. Ainda de acordo com Ockam, na esteira da influência e discordância de Grosseteste, apesar de não existir uma única causa, podem existir causas imediatas que produzam efeitos variados ou ainda, um único efeito que possa ter diversas causas (todas elas sempre imediatas). Os nossos sentidos e intelectos perceberiam somente essas causas imediatas e não apreenderiam nenhuma causa geral ou total. Essa foi uma das principais construções que Ockam realizou no âmbito da lógica indutiva.

Ockam pode ser apontado como um outro importante personagem na história do pensamento científico segundo Crombie. Ao analisar todos os aspectos do problema da lógica indutiva, postuladas e iniciadas por Grosseteste, ele chegou a conclusões que podem ser compatíveis com as idéias modernas de concepção e descrição do real. As relações causais, segundo ele, eram conceitos postulados pela mente. Assim, ele se aproxima dos modernos no que diz respeito à relativização do movimento da natureza como algo concebido pela própria mente: isso significa que para a modernidade, aquilo que permanece na natureza é

descritível somente quando se imagina um espaço relativo de cunho geométrico, tal como o possa também fazer no âmbito do conceito de movimento. E com um detalhe: em Ockam o postulado das relações causais concebidas pela mente equivaleria então ao aspecto puramente quantitativo do espaço geométrico, indiferente a qualquer diferença qualitativa. Necessariamente não haveria objetividade hierárquica na natureza, com formas ou causas totais, princípio científico completamente distinto e incompatível com o sistema aristotélico, que definia além dos lugares naturais, as formas substanciais determinadas de cada ente objetivamente existente. O método científico segundo Ockam, na verdade, não poderia se preocupar com conexões causais, estabelecer necessariamente relações de causa e efeito, mas considerar os fenômenos tão somente como objetos individuais e seguindo na esteira do nominalismo, a experiência deve apenas, pela observação estabelecer seqüências, sem aquele compromisso com as relações de necessidade. Ou seja, faz-se associações, mas nunca relaciona essas associações como certezas ou necessidades. Por exemplo, o fogo é associado à sensação de queimação.

Para Crombie, este ataque à noção de causalidade pelo empirismo de Ockam, pode qualifica-lo como um revolucionário a respeito do conceito de movimento. A intuição sensível, ou experiência intuitiva seria o critério para o conhecimento dos fenômenos da natureza. Assim, toda a realidade era mera contingência e a única coisa necessária era a observação para que se descubra e associe as coisas que nela fazem parte. Supõe-se que, a partir de Ockam, começaram-se a produzir teorias alternativas às de Aristóteles e que estas, seriam os “embriões” das teorias modernas sobre o movimento. Assim, falamos que a teoria do *ímpetus* seria o conceito originário do de inércia nos séculos XVI-XVIII. Ockam questionou a antiperistasis²⁷ através do exemplo do movimento das flechas como sendo capaz de manter –se móvel sem ser acompanhada, em sua trajetória, pelo corpo que lhe transmitiu o impulso. Mas é, sobretudo com João Buridano e Nicolau Oresme, que o conceito é desenvolvido no contexto de uma discussão polêmica: a possibilidade do movimento da Terra e do movimento no vácuo. Também tal conceito é utilizado para se estabelecer a relação entre

²⁷ -Teoria aristotélica que tentou explicar o movimento das flechas ou dos projéteis a partir do momento em que estes deixam o seu motor. O ar não seria somente resistência, mas também motor dos corpos. Este se voltaria para trás do corpo, empurrando-o para frente. Tudo para manter a idéia básica de que é preciso um motor para por um corpo em movimento.

quantidade de material (volume e peso) e velocidade. Em Nicolau Oresme, tal teoria explicaria também a aceleração e queda dos corpos. Aristóteles apontava para a diferença entre o movimento natural (ou local) e o movimento violento. Todos os entes naturais possuiriam, de acordo com a visão determinista da dinâmica natural, elementos definidos e isto também definiria o seu lugar natural. Esse determinismo aristotélico pode ser chamado também de intrinscitude, onde o corpo possui causas internas próprias (os seus elementos) e a causa externa própria, que é o lugar segundo a qual ele deve se dirigir quando posto em movimento. A realidade é hierárquica e com relações objetivas entre os elementos. Assim, o movimento violento ocorre quando o corpo é retirado de seu lugar natural ou quando é violada a sua intrinscitude. Todos os corpos com maior volume ou pesados tendem a dirigir-se para baixo e os corpos leves para cima. Do contrário, incorrem em movimento violento.

É exatamente a partir desse subsídio intelectual que se manifestam as críticas ao conceito de movimento aristotélico. Partindo do pressuposto, usando os argumentos aristotélicos, de que tudo o que se move necessita de um motor, como que acontece no caso do movimento violento, em que o corpo perde a sua identidade com os seus elementos próprios e com o lugar natural, logo, perdendo o contato com o seu motor natural? Como expus anteriormente, Ockam levantou essa questão utilizando o exemplo da flecha e a resposta dos aristotélicos com a dupla função do ar: como agente motor (processo explicado como antiperistasis) e como força resistiva. Assim, o ar “substituiria” o agente motor natural, involucrando-se no corpo até que ele retorne ao seu lugar natural, dada a outra pressuposição de que todos os corpos tendem ao seu lugar natural. Tomando a teoria de Ockam, Buridano atesta como contraditória a idéia de que o ar possua esta dupla função aceitando somente o seu caráter resistivo. É aí que entra a alternativa ao conceito de movimento padrão: a do deslocamento da função motriz do ar para o próprio corpo. Em Buridano, o ímpetus é o momento onde o motor imprime no corpo a força. Essa força, ou ímpetus, vai sendo aos poucos refreada pela resistência do ar em relação com as características intrínsecas do corpo (como velocidade e peso) até voltar ao seu lugar natural. Mas, o ímpetus é mais do que uma simples alternativa à teoria do movimento em Aristóteles: ele busca explicar, tendo as características intrínsecas do corpo, o aumento uniforme da velocidade (dos corpos) no momento da queda. É o famoso debate a respeito da

queda dos corpos que *culminará* com a resolução de Galileu sobre o movimento isocronômico:

Esta parece para mim, ser a causa também pela qual a queda natural dos corpos pesados são continuamente acelerados. No início da queda, somente a gravidade move o corpo: ela derrubará o corpo, então, lentamente; mas, em movimento, esta gravidade imprime no corpo pesado um ímpetus. Este ímpetus (inicialmente impresso pela gravidade) movimenta o corpo ao mesmo tempo que a gravidade. O movimento, entretanto, fica mais rápido, conforme o ímpetus fica mais intenso. Fica então evidente que o movimento seja acelerado.²⁸

Também o ímpetus foi importante para fundamentar o movimento dos corpos celestes. Em Buridano, Deus é o grande motor que imprimiu em cada esfera celeste um ímpetus que as permitissem mover-se eternamente. Por não possuírem nenhuma outra inclinação ou inclinações a serem “violadas”, Buridano afirmará que as esferas celestes não possuem nenhum elemento corruptível e que por isso, movem-se através do ímpetus inicial impresso por Deus. Em Buridano, há a substituição da força motora do ar para o agente intrínseco ao corpo, que são suas características (matéria e velocidade). Há também a tentativa, de acordo com o próprio Crombie, de uma constituição de um grande sistema mecânico incluídos os movimentos celeste e terrestre, marca da revolução moderna, segundo os descontinuístas. Mas é em Oresme que o conceito de ímpetus é utilizado de forma mais ampla: além da importante contribuição de Buridano, segundo a qual no momento da impulsão (ímpetus) a ação motora é devida à quantidade de matéria e de velocidade contida nos corpos, Oresme acrescenta o conceito de aceleração e promove a discussão sobre a possibilidade do movimento diurno da Terra. Escreve o seu *Livre du Ciel et du Monde* em 1337 rejeitando aspectos da física aristotélica escritos no *De Caelo*. Segundo Oresme, não se podia provar que o céu e não a Terra poderia estar em movimento diário. Mas que a Terra poderia imprimir um ímpetus no lançamento de um corpo, levando-o a acompanhar o movimento circular da Terra. Segundo Crombie, Oresme teria utilizado a noção de movimento composto ou relativo, como fundamento da sua explicação sobre o ímpetus e ainda provar a possibilidade do movimento da Terra, demonstrando como que os corpos acompanham o seu movimento (da Terra):

²⁸ -Buridano *apud* Crombie, *Medieval and early Modern Science*, p. 69.

Eu assumo que o movimento local não pode ser observado, exceto se estiver tão distante como um corpo pode ser visto mudando sua posição com relação a outro corpo. Então, se um homem está num bote A, movendo em águas tranquilas, tanto pode ser rápido ou vagarosamente, e ele não pode ver nada do lado de fora, exceto outro bote B, movendo exatamente no mesmo caminho que o bote A em que ele está, eu digo que pareceria que para este homem nenhum dos botes está movendo. Se A está em repouso e B está movendo, pareceria para ele que B está movendo; e se A está movendo e B permanecesse em repouso, este homem não seria capaz de perceber esta mudança ou variação, mas pareceria para ele que, em todos os instantes que B esteve em movimento, e isto é evidenciado pela observação... Pareceria para nós em todos os momentos que o lugar onde nós estávamos estava em repouso e que os outros lugares moveram, assim como parece para o homem em movimento no bote que as árvores do lado de fora moveram. Da mesma maneira, se um homem estivesse no céu, supondo que ele era movimentado com movimentos diários...pareceria para ele que a terra estava movimentando com movimento diário, assim como o céu parece estar movimentando, para nós na Terra. Similarmente, se a Terra estiver movimentando com movimento diário e o Céu não, pareceria para nós que a Terra estivesse em repouso e que o céu estivesse em movimento.²⁹

Assim, é em Paris que se desenvolve mais profundamente o processo de matematização dos elementos físicos que fora iniciada por Grosseteste e Roger Bacon. É no século XIV que foram criados diversos conceitos matemáticos que possibilitavam a mensuração entre as qualidades dos corpos e a quantidade. Prezou-se a precisão, embora Crombie admitisse que os medievais estariam muito atrás dos modernos no que diz respeito à criação de conceitos de precisão no âmbito da matemática, apesar de isto ter sido postulado de forma implícita. Além da questão do método de pesquisa, como foi exposto aqui, também foram colocados em questão os dois grandes objetos de investigação científicas, caros para o sistema aristotélico: a noção de matéria e de espaço. Eram os fundamentos das explicações da sua física sublunar e, portanto, base das explicações do comportamento hierárquico da natureza. A marca da filosofia da natureza e da física aristotélica era a noção de ordem, onde tudo tendia ao seu lugar natural e onde se tinha “horror” ao vácuo – tudo tendia a ter um motor que o pusesse em movimento ou simplesmente lhe imprimisse um ânimo, *anima motrix*. Foi então exatamente por conta do movimento dos projéteis é que se começa a questionar e postular algo próximo de um movimento sem força ou inercial³⁰, ou ainda de se

²⁹ - Oresme *apud* Crombie, *Medieval and Early Modern Science*, p. 79.

³⁰ - Não quero dizer com isso que os medievais criaram a concepção de movimento inercial, tal como os modernos. Nem Crombie admite isso, pois o seu conceito de continuísmo não é ingênuo, mas processual, evolutivo.

pensar numa relativização do espaço, tal como Ockam postulava, atacando a noção de causalidade. Assim, a matemática entra por esta que pode ser chamada de segunda via: através da relativização do espaço, afastando-se da noção de demonstração matemática da causa³¹, que ainda resistia entre os escolásticos de uma maneira geral.

Mas, como disse, Aristóteles não deixou de ser o paradigma e as teorias metodológicas e o estabelecimento do modo de pesquisa eram oriundas do esquema intelectual aristotélico. Assim, dentre todos os comentários sobre as categorias de Aristóteles, a categoria da quantidade era o caminho pelo qual a matemática deveria percorrer, no que diz respeito às quantificações das qualidades. Todas as diferenças reais entre os corpos (ou seja, verificados através de observação empírica), eram reduzidas à quantidade. Por exemplo, poder-se-ia medir a intensidade de certos corpos, como o calor. A partir desta perspectiva temos o desenvolvimento da física matemática, quantitativa, levada ao extremo desenvolvimento nos séculos XVI – XVII, como radicalmente oposta ao sistema aristotélico que é eminentemente qualitativo. Vale ressaltar que os objetivos científicos dos medievais eram fundamentalmente diferentes dos modernos. Isso quer dizer que o problema da mensuração quantitativa das qualidades dos corpos era, na Idade Média, tratado primeiramente no contexto teológico e posteriormente absorvido pela física. Por exemplo, acreditava-se que se podia mensurar matematicamente a intensidade da virtude teologal da caridade, com as noções de acréscimo e diminuição. Percebe-se que, segundo Crombie, o problema e desenvolvimento da física matemática estão atrelados à relações de quantidade – qualidade, o que era veementemente negada pelos aristotélicos. Salvaguardando o princípio de ordem e de hierarquia, os aristotélicos diziam que as diferenças qualitativas entre os corpos estavam no âmbito do ontológico, pois cada corpo possui um lugar próprio e elementos próprios, estando ainda submetidos à noção de causalidade. Enxergar matematicamente as diferenças de qualidades e ainda, tornar possível uma adição ou subtração dessa intensidade qualitativa é o mesmo que dissolver o seu ontos, relativizando a pluralidade entre as espécies e conseqüentemente dissolvendo a ordem cosmológica.

³¹ -Fundamentalmente iniciado por Grosseteste.

A *intensio* e *remissio* foram os primeiros conceitos matemáticos a perpetrarem a física nos séculos XIV-XV. A *intensio* era o conceito de extensão ou acréscimo (soma) e a *remissio* era o conceito de diminuição (subtração). Por estes conceitos, era possível graduar a intensidade das qualidades, que para os aristotélicos eram irreduzíveis entre si; assim, o calor de um corpo poderia ser acrescido a outro, aumentando o tamanho do corpo e/ou sua intensidade de calor. Assim, a física matemática na Idade Média começa a possuir um contorno que é visto mais explícita e claramente no século XVII: a noção da redutibilidade das qualidades dos corpos, relegadas à imaginação (no caso de Ockam) e expressas por figuras, números e ângulos, não observando o caráter ontológico das diferenças qualitativas. De algum modo, não há relação ontológica (no sentido aristotélico) entre as quantidades. Pode-se dizer que apesar da forte influência aristotélica, tem-se a retomada da visão matemática do real, originada em Pitágoras e Platão. A partir desse conceito, generalizou-se a tendência de buscar mais conceitos matemáticos que pudessem expressar a intensidade das qualidades dos corpos de forma matemática. Através da física matemática, cristalizou-se o movimento de afastamento da pergunta pela causa e começou-se a dar uma maior ênfase na dinâmica da realidade (do movimento) e da constituição própria dos corpos. Assim, quanto ao tema do movimento, em desvinculação com a noção de causa e coadunado com as noções de distância e tempo, constitui-se no século XIV a cinemática. Vimos, portanto, que Buridano e Oresme se preocuparam com os elementos dos corpos como agente motriz. Estudar o movimento sem a perspectiva de uma causa motora e externa significa estudar os processos de aceleração uniforme ou disforme dos corpos. Nesse sentido então a cinemática constitui-se como expressão dessa necessidade intelectual.

Como ampliação dos estudos da física matemática, Crombie aponta para mais uma manifestação intelectual dos medievais neste campo: o desenvolvimento da noção de relações funcionais. As relações funcionais, como mais um conceito matemático complementar à física, concebem causa e efeito como variações concomitantes. Assim o efeito, que é visto como o fenômeno, recebe a alcunha de variável dependente, pois é explicada como função algébrica das condições dos fenômenos (no caso, a causa imediata ou variáveis independentes), com o intuito de afirmar que as causas imediatas podem ser explicadas através de funções algébricas. Isso não foi tão bem desenvolvido, pois dependia das unidades de

medidas, que ainda eram espaçadas e imprecisas. Mas vale apontar que este método matemático foi importante para a consideração dos fenômenos sem a perspectiva da causa total ou princípio geral.

As relações funcionais possuíam dois aspectos: 1- a álgebra (inicialmente de palavras) e 2- o esquema gráfico. Quanto ao primeiro aspecto, a álgebra de palavras foi desenvolvida por Bradwardino (1290-1349). Utilizavam-se as letras, ao invés dos próprios símbolos matemáticos, para fazer as operações algébricas (soma, subtração, multiplicação e divisão) com o intuito de obter a descrição precisa dos fenômenos em relação à causa. Ou seja, as operações matemáticas eram descritas com palavras. Esse desenvolvimento iniciado por Bradwardino influenciou a escola dos calculadores, ou o Merton College de Oxford, que estavam fundamentalmente interessados nos aspectos cinemáticos do movimento, embora em Paris a álgebra de palavras de Bradwardino ainda tenha sido estudada e aplicada no contexto dinâmico do movimento, apesar de Oresme e Buridano.

Esse método desenvolvido em Oxford, tinha como objetivo a expressão dos graus que uma qualidade (ou forma) aumentava e diminuía de forma numérica em relação a uma escala determinada. Portanto, aliado ao desenvolvimento de Bradwardino, estava o problema da mensuração quantitativa das mudanças de qualidade. Já se começa a notar o desenvolvimento do método de escala, com as noções de longitude e latitude, onde a intensio e remissio eram colocadas como valores latitudinais das qualidades. Como acréscimo e diminuição, intensio e remissio eram aplicados para verificar a velocidade de mudança da intensidade das qualidades dos corpos (por exemplo, o calor) em relação aos conceitos de extensão, como distância e tempo, caracterizados como valores longitudinais invariáveis. Assim a mudança era uniforme quando (no movimento local uniforme) a distância e a sucessão de intervalos de tempo eram iguais; e disforme quando (no movimento retardado ou acelerado) a distância é desigual, podendo a sucessão de tempo ser desigual ou não. Assim, a mudança disformemente uniforme ocorria quando havia a desigualdade da distância mas com a uniformidade no retardo ou aceleração. Senão, era disformemente disforme.

O segundo aspecto das relações funcionais era a implantação do modelo geométrico, aliado aos conceitos numéricos, para realizar a organização da escala das longitudes e latitudes. Em Oxford, Dumbleton (1310 – 1349) fora o iniciador deste conceito. Traçavam-se duas retas, uma na vertical, para denominar as

latitudes e outra na horizontal, para denominar as longitudes. Para as velocidades uniformemente disformes, traçava-se uma linha reta para estabelecer a relação entre latitude e longitude. Para as velocidades disformemente disformes, traçava-se uma linha em curva para fazer tal relação. A principal aplicação do método feita por Dumbleton foi a respeito da mensuração da força de ação da luz em relação a sua fonte. Esse foi um dos principais problemas estudados no campo da Óptica que fora levada a termo na modernidade, principalmente com a lei fotométrica de Kepler³².

Em Paris, o método gráfico teve maior desenvolvimento com Nicolau Oresme, no que diz respeito às representações das latitudes das formas em relação à velocidade³³. Dada a sua originalidade como matemático, Oresme deu contribuições importantes, como a criação das regras das operações com frações e também antecipando-se a Descartes, no campo da geometria analítica³⁴. Oresme constrói um gráfico bidimensional, com a latitude (linha na vertical, representando a velocidade) e a longitude (linha na horizontal, representando o tempo). Fez as marcações de tempo nessa linha horizontal e marcou as latitudes como perpendiculares às demarcações dessa mesma linha (horizontal designando o tempo) como os instantes de velocidade. O gráfico bidimensional representa as expressões geométricas das qualidades (ou propriedade das qualidades), uma vez que ele adiciona tais figuras geométricas aos números para realizar tal quantificação. Mas, conforme citado imediatamente acima, a preocupação de Oresme era realizar o estudo do movimento dos corpos e com isso, enfatizar o estudo da velocidade; isso implicou também, quanto ao estudo do ímpetus, o acréscimo da questão da aceleração dos corpos no estudo da queda livre.

³² - Afirma Dumbleton: “a intensidade da iluminação de um ponto determinado era diretamente proporcional à potência da fonte luminosa e inversamente proporcional à densidade do meio.” Cf. Crombie 1959, p. 88.

³³ - Cf. Braga, Marco, *Breve história da ciência*, Vol. I, p. 58.

³⁴ -Cf. Mora, Ferrater, *Dicionário de filosofia*, Tomo III, verbete Nicolau Oresme.

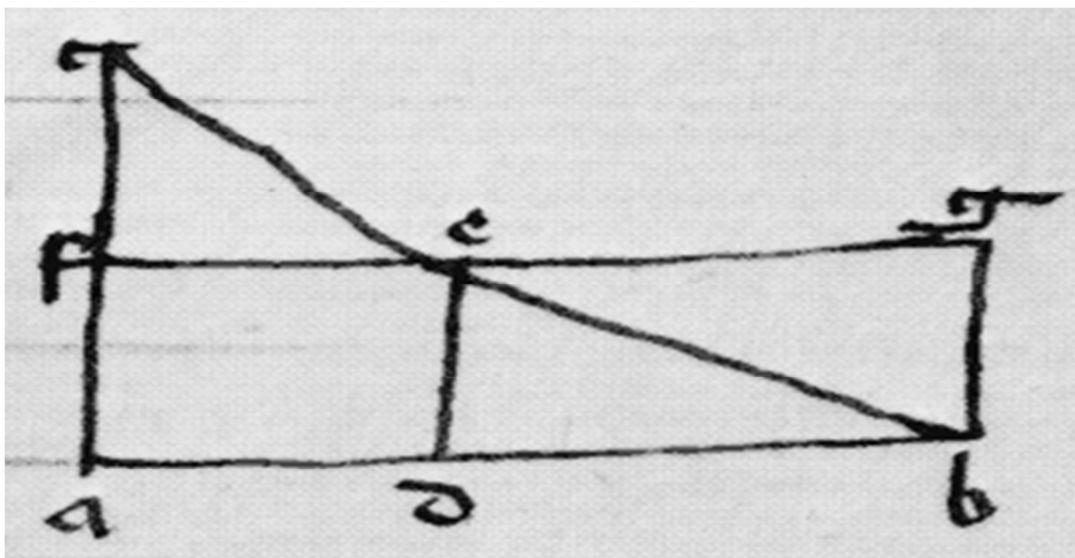


Fig. 2 O modelo gráfico de Nicolau Oresme.

A imagem com o gráfico acima exposto, representa uma das contribuições mais fundamentais de Oresme no estudo matemático do movimento. Nesse caso, estudou-se o teorema da velocidade média (ou do valor médio), onde se estabelece que um corpo em movimento uniformemente acelerado percorre no fim de um determinado intervalo de tempo, o mesmo espaço que seria percorrido por um corpo que se deslocasse com velocidade uniforme igual à velocidade média do primeiro, no mesmo intervalo de tempo. Mas pode haver a variabilidade do tempo e da velocidade e isso é mensurado numérica e geometricamente, de acordo com a imagem acima. A partir da aceleração uniforme, temos a velocidade uniformemente disforme quanto ao tempo. Quanto às explicações sobre as mensurações das qualidades a partir do gráfico, há uma citação da obra de Oresme, *De configuratione Qualitatum*, que vale a pena citar:

Toda a qualidade uniformemente disforme possui a mesma quantidade, como se informara uniformemente ao mesmo sujeito segundo o grau do ponto médio. Por segundo o grau do ponto médio entende-se: se a qualidade é linear. Para a qualidade de uma superfície seria preciso dizer: segundo o grau da linha média(...) Demonstramos esta proposição: seja uma qualidade que possa ser representada por um triângulo ABC (no gráfico acima). É uma qualidade uniformemente disforme que no ponto B, se faz igual a zero. Seja D o ponto médio da linha que representa ao corpo; o grau de intensidade que afeta a este ponto está representado pela linha DE. A qualidade que tenderia em todas as suas partes o grau assim determinado pode ser representada pelo quadrilátero AFGB. Usando a proposição 26 do livro I de Euclides os dois triângulos EFC e EGB são iguais. O triângulo ABC, que

representa a qualidade uniformemente disforme e o quadrilátero AFGB, que representa a qualidade uniforme, pelo grau do ponto médio, são iguais. Assim, falando mais precisamente da velocidade, ao invés de ponto médio, pode-se dizer: instante médio do tempo de duração da velocidade³⁵.

Fundamentalmente, as especulações gráficas de Oresme estavam ligadas às questões sobre a aceleração uniforme presente na queda dos corpos, questões essas que atraíam a Galileu. Historicamente falando, Galileu provavelmente havia tido acesso às especulações sobre o tema feito tanto em Oxford quanto em Paris. Galileu, quando acessou ao problema do movimento dos corpos, havia concordado com os medievais no que diz respeito à solução dada ao problema da queda dos corpos: com o conceito de velocidade uniformemente acelerada. Assim, os estudos e conceitos cinemáticos levaram Crombie a realizar uma ligação conceitual fundamental entre a física medieval e a física moderna; mais precisamente, no que diz respeito ao conceito de velocidade média e de aceleração uniforme, no seio do estudo da física do ímpetus. Evidentemente, salvaguarda-se as diferenças e objetivos entre as duas físicas: a física medieval, ainda assim, não rompe de todo com o paradigma aristotélico - cristão e na medida do possível, esses conceitos físicos também eram aplicados aos conceitos teológicos³⁶.

Além disso, no campo da própria práxis científica, vemos também uma diferença fundamental: o estudo dos conceitos físicos eram fundamentalmente aplicados à própria realidade natural e se especulava a partir dela. Já para a modernidade, as especulações científicas eram teóricas e com isso, por extensão, recorria-se à natureza para “interroga-la”. Assim, a realidade é extensão teórica para os modernos e para os medievais o fundamento. Por isso, deve-se ter cuidado ao analisar o continuísmo crombiano: ele admite as diferenças mais fundamentais nos conceitos científicos dos pensadores dos dois períodos, bem como de seus objetivos. Assim, por mais que houvesse uma revolução científica na Idade Média, a continuidade conceitual é evolutiva e, portanto não-cristalizada. Fundamentalmente, o conceito de ímpetus não é, a rigor, o mesmo que de inércia, mas que o primeiro conceito forneceu questões fundamentais para que o segundo fosse construído como evolução do primeiro (como vimos nas discussões no

³⁵ - Oresme apud Crombie 1959, p. 90.

³⁶ - Oresme também estudou o tema da velocidade média para não somente estudar a variação da velocidade, mas também demonstrar a variabilidade, por exemplo, da Graça de Deus nos homens, mensurando pelas regras gráficas. Cf. Wanderley de Moura Rezende, *Galileu e as novas tecnologias no estudos das funções polinomiais no ensino básico*, p.1

campo da Astronomia de Oresme e Buridano, que seria possível a idéia de que a terra se movimentasse e da possibilidade do movimento no vácuo, a partir da noção de ímpetus).

Conseqüentemente, a matemática era utilizada pelos medievais para a quantificação das qualidades ou dos elementos dos corpos. Isso quer dizer que a base científica era ainda aristotélica, apesar do acréscimo da matemática no estudo da realidade; no período moderno, tem-se a criação mental do espaço físico, ou simplesmente do fato físico. Mas, afirmo novamente utilizando-me do Crombie, não se pode pensar que uma teoria científica, como a dos modernos, tenha surgido “triumfalmente”, como radicalmente oposta à teoria predecessora. Sendo assim, é possível interpretar com Crombie que a ciência não é simplesmente uma mutação, mas que outros elementos exteriores a ela também a influenciam. Isso veremos adiante, com alguns dos exemplos históricos (nos campos políticos e sociais) que levaram os pensadores daquela época à grandes debates que redundaram em grandes questionamentos que se não rompeu, pelo menos abalou as estruturas do pensamento científico dominante que foram levadas às últimas conseqüências no período moderno.

2.2

O pensamento científico crombiano como externalismo epistemológico

Faz-se importante dar uma breve definição de externalismo epistemológico o qual quero utilizar aqui. Dentre as muitas concepções externalistas, podemos afirmar que se trata de uma posição teórica em que os fatores sociais, políticos e econômicos intervêm de forma decisiva na construção das teorias científicas. É, portanto, uma posição teórica em que não admite a pura neutralidade da ciência, pois ela precisaria de outros fundamentos para que suas teorias possam ser construídas. Assim, ao longo da análise das concepções histórico-epistemológicas de Crombie, vemos uma série de exemplos externos à ciência, dados pelo autor, que culminaram nas construções teóricas que permitiram o questionamento, por exemplo, de conceitos fundamentais da noção de método científico em Aristóteles, e conseqüentemente, às noções fundamentais de sua ciência física – o seu conceito de espaço, matéria e movimento.

Mas, como afirmei, o externalismo é a influência de fatores externos (sociais, políticos, econômicos e até mesmo religiosos) nas construções das teorias científicas. Assim, dentro desta perspectiva, Crombie afirma que os objetivos intelectuais dos medievais são diferentes dos modernos, dada a visão externalista. Na esteira de Colin Ronan (1920-1995), podemos dizer que a primeira instância externa à ciência na Idade Média é justamente o seu ambiente intelectual, que era fundamentalmente religioso. A ciência possuía uma relação estreita com as premissas religiosas e com isso, prioritariamente, os conceitos científicos eram aplicados com fins de demonstração dos conceitos teológicos (como vimos no conceito de variação da velocidade em Oresme, onde este conceito tinha por consequência a mensuração das variações das qualidades teológicas no indivíduo: amor de Deus, fé, caridade etc):

Na era cristã, na Europa ocidental, a ciência era apenas uma pequena parte da escolaridade, que estava centrada na fé, como esta era vista pela Igreja e revelada nas Escrituras. (quase) todos os estudiosos eram clérigos cujas mentes estavam mais inclinadas para os assuntos da salvação e da glorificação de Deus do que para questionar os detalhes do universo natural. Viviam numa atmosfera que condenava a investigação e o pensamento independente(...) O conhecimento do mundo natural, que era corrente, baseava-se em comentários que divulgavam alguma coisa das idéias originais gregas embora somente de forma deturpada e truncada. (Isso) permaneceu imutável até que a bomba intelectual do ensino grego explodisse no Ocidente no século XII³⁷.

Apesar do acesso mais completo aos escritos científicos traduzidos no século XII, sobretudo os escritos de Aristóteles sobre a física e consequentemente um maior interesse pela pesquisa da realidade natural, ainda a ciência estava entrelaçada aos conceitos teológicos. Porém, dado o conhecimento da ciência aristotélica, houve uma série de críticas e alternativas conceituais ao pensamento do estagirita aliado aos desenvolvimentos econômicos e técnicos ocorridos entre os séculos XII-XV. Um grande exemplo disso é o surgimento das catedrais góticas ou o estilo gótico arquitetônico surgido na França no século XII. Enquanto a Arte Românica tem um caráter eminentemente religioso, tomando os mosteiros como referência, a Arte Gótica reflete o desenvolvimento das cidades. Porém deve-se entender o desenvolvimento da época ainda preso à religiosidade, que nesse período se transforma com a escolástica, contribuindo para o

³⁷ - Ronan, Colin, *História Ilustrada da ciência*, vol. II, ed. Zahar, p.137-138.

desenvolvimento racional das ciências, tendo Deus como elemento supremo. Dessa maneira percebe-se uma renovação das formas, caracterizada pela verticalidade e por maior exatidão em seus traços, porém com o objetivo de expressar a harmonia divina.

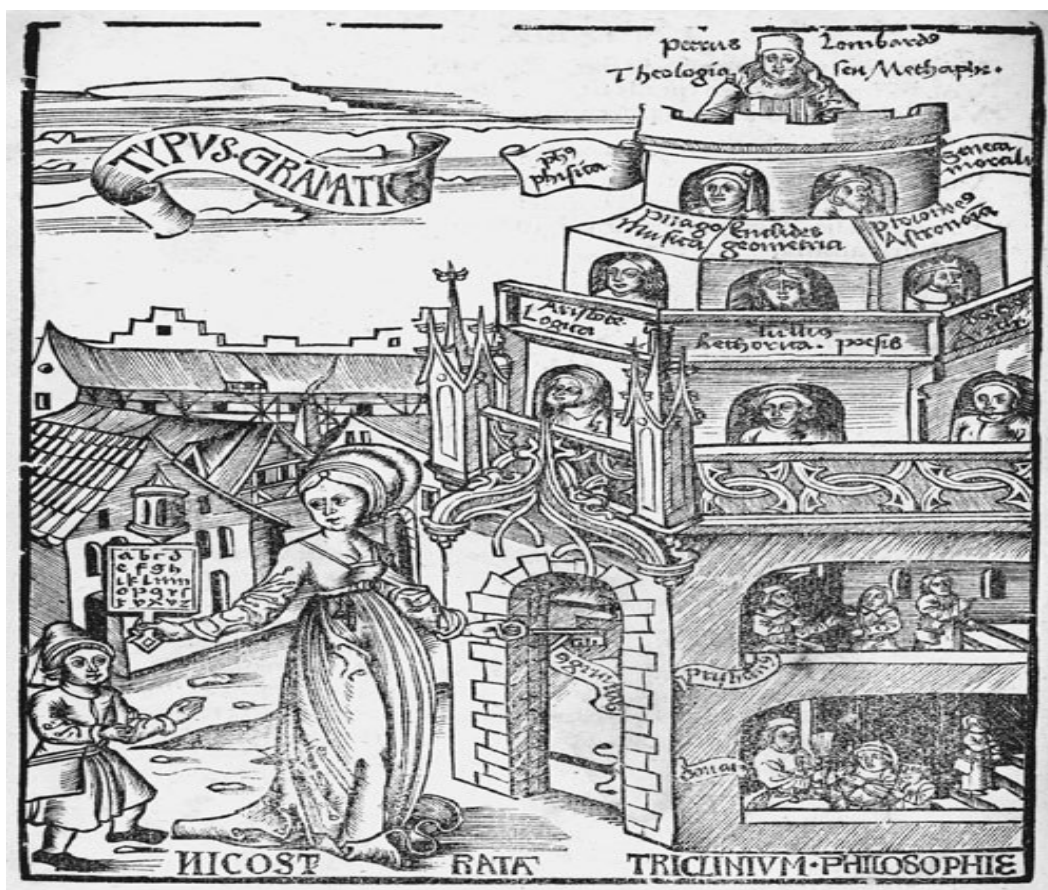


Fig. 3. A Torre do Conhecimento, de George Reischde 1508. Esta imagem explicita o contexto intelectual da Idade Média, onde a Teologia era considerada a “rainha das ciências”, seguida da Filosofia e das Matemáticas.

É a partir da exigência da precisão, característica do estilo gótico da construção arquitetônica, que a matemática perpetra mais intensamente o cenário intelectual a partir do século XII. Ainda que aplicada com fins teológicos³⁸, a aplicação das matemáticas na técnica culminou num questionamento mais incisivo da metodologia de pesquisa aristotélica, que não permitia o uso da mesma na realidade puramente qualitativa. Também o surgimento da Escolástica promoveu um intenso debate sobre a pesquisa científica, permitindo uma maior liberdade de desenvolvimento científico.

³⁸ -O estilo gótico exigia intensamente o simbolismo teológico em cada parte de sua arquitetura: as paredes eram a base espiritual da Igreja, os pilares representavam os santos e os arcos e os “nervos”, os caminhos para Deus. Assim a matemática levou à uma revolução arquitetônica, que tem por consequência a capacidade de se construir templos suntuosos, ligando essa suntuosidade à grandeza de Deus (vide a figura 4, abaixo).



Fig. 4 Igreja da abadia de Westminster, Londres

Assim, segundo Crombie, a Idade Média conheceu progressos notáveis na área das produções técnicas. Isso quer dizer que a construção dos artefatos tecnológicos exigiu uma idéia de precisão, característico das investigações matemáticas dos aspectos da realidade natural³⁹. É importante notar que apesar da resistência por parte dos medievais em utilizar tais artefatos para a pesquisa científica, os modernos além de os desenvolverem, as utilizaram como instrumentos científicos. Crombie dá como exemplos, o relógio mecânico e as lentes de aumento, que foram bastante utilizadas por Galileu, para comprovar a existência do movimento isocronômico (através da observação do movimento do

³⁹ - Além da própria obra do Crombie (1959, p. 103), pode-se conferir também: PIRENE, Henri. *A história econômica e social da Idade Média* e RONAN, Colin. *História ilustrada da ciência*, vol. II.

pêndulo) e da teoria heliocêntrica de Copérnico segundo o qual (o Sol é o centro do universo). Assim, a contribuição da técnica medieval é a disseminação da idéia de precisão, como expressão da mentalidade matemática nas explicações teóricas sobre a natureza. O que os modernos fizeram foi exatamente levar a termo todos aqueles ideais postulados pelos medievais, pois estes ainda não tinham acesso a toda tradição matemática grega (por exemplo, não se conhecia profundamente além do livro I da geometria euclidiana), aliado a atmosfera religiosa que cobria o cenário científico deste período que impediram de os medievais darem aquele salto que deram os modernos no sentido de romper de forma profunda e madura com o sistema físico e astronômico de Aristóteles e ainda, promover um desvinculo metodológico entre ciência e conceitos teológicos.

Mas o fato social decisivo, que evitaria uma visão de um descontinuísmo triunfalista no âmbito teórico da construção do pensamento modernos em relação aos medievais, foi o surgimento da imprensa com o conseqüente facilitamento de acesso às obras dos medievais e às questões que estes tratavam (no campo da pesquisa científica e de desenvolvimento das explicações matemáticas da realidade a partir de uma nova maneira de se olhar o espaço e movimento, principal objeto de investigação científica dos medievais). Aliados ao surgimento da imprensa (a partir do séc. XV), houve o movimento literário surgido o humanismo, que traduziu para línguas vernáculas (sobretudo a tradução para o francês dessas obras científicas), facilitando o entendimento das questões levantadas pelos predecessores dos séculos XII-XIV. A intensidade da circulação das obras dos medievais promovida pelas máquinas de imprensa é um sintoma da grande demanda acadêmica destas obras. Supõe-se, portanto, que os modernos (principalmente Galileu) tiveram contato com a obra dos medievais dos séculos anteriores e assim, puderam realizar os desenvolvimentos necessários tais como nós os conhecemos. A modernidade científica representaria então o final do processo revolucionário iniciado no século XIII a partir daquelas questões de método científico (que culminara com a aplicação do método experimental e da aplicação da matemática para mensurar e relacionar o movimento à qualidade dos corpos), pois o alcance das produções teóricas dos modernos foram bem mais abrangentes e independentes intelectualmente do que dos medievais (pois havia uma certa resignação por conta do contexto religioso predominante). Crombie admite então que não há uma continuidade ingênua no campo da metodologia

científica. Mas que as produções dos predecessores medievais foram o fundamento da construção de um novo edifício do conhecimento, onde havia sido extirpada (ou pelo menos em grande parte) a atmosfera intelectual predominada pela visão teológica de ciência e realidade. Tanto é que a estrutura curricular do ensino medieval, de um modo geral, era predominantemente teológica. Na Universidade medieval os chamados estudos superiores eram a medicina e a teologia e isso obrigava aos cientistas medievais a coadunarem a visão cosmológica racional científica à visão cristã do cosmos, baseada na revelação. Ou seja, não mudou o ponto de partida metodológico, mas a sua dinâmica. A história da imprensa e mais atrás, dos artefatos tecnológicos corroboram a visão externalista crombiana:

Pelo que parece as primeiras impressas indicam que as principais obras científicas medievais foram efetivamente postas em circulação e isto indica, por sua vez, que havia uma grande demanda acadêmica dessas obras(...) A maior parte das obras científicas medievais mais importantes foram disponíveis graças à imprensa (...) Estas incluíam as obras sobre o método científico e filosofia da ciência de Grosseteste, Alberto Magno, Tomás de Aquino, Roger Bacon, Duns Scoto, Burley, Ockam, Cusa, Bradwardino, Buridano.⁴⁰

É através da imprensa que todas as questões trazidas pelos medievais acerca do método científico foram acessadas pelos modernos, sobretudo Galileu, que na juventude ensinara as teorias científicas de alguns dos medievais como Oresme e Buridano. Crombie, portanto, afirma categoricamente que o movimento metodológico da ciência Moderna representaria uma segunda fase de um movimento intelectual iniciada no século XIII com Grosseteste, que havia determinado as bases da ciência experimental e da aplicação da matemática na física, significando um dado revolucionário em relação a Aristóteles que como vimos, não admite uma visão da matemática da natureza, considerando a visão puramente qualitativa dessa mesma realidade. Evidentemente, segundo Crombie, há diferenças quanto à aplicação do mesmo método científico tanto na Idade Média, quanto na Idade Moderna: os medievais tinham que corroborar conceitos teológicos e por isso não poderiam levar às últimas conseqüências os desenvolvimentos dos conceitos físicos (como por exemplo, no conceito de

⁴⁰ - Crombie, 1959, p. 105.

ímpetus e a conseqüente discussão sobre a possibilidade do vácuo (questionado em 1277 por razões teológicas) e do movimento da Terra, já no campo da Astronomia); já os modernos possuiriam essa “coragem intelectual”, evidenciada pelo enfrentamento da inquisição a partir das discordâncias dos cientistas dos séculos XVI-XVII das premissas fundamentais da Igreja que estavam fundamentadas nas teorias de Ptolomeu e Aristóteles, sobretudo no campo da Astronomia e que levaram à derrocada definitiva do pensamento aristotélico no campo da Astronomia e da Física. Mas os medievais forneceram os subsídios teóricos necessários para que a modernidade construísse aqueles conceitos que a convenção histórica da epistemologia caracterizou de Revolução Científica. Devemos então, aceitar, segundo Crombie, que o conceito moderno de Inércia, tão caro para a nova física tenha sido uma evolução em relação ao ímpetus, no sentido de que o novo conceito físico representaria o rompimento maduro e, podemos dizer, assim definitivo em relação a Aristóteles, pois o ímpetus não teria tido força intelectual suficiente para derrubar o paradigma dominante na sua época. Ter uma visão evolutiva concernente aos métodos medievais e modernos de pesquisa científica não é o mesmo que ter uma visão de ruptura. O conceito de correção, base da evolução epistemológica crombiana, aplicada pelos modernos nas construções científicas dos revolucionários medievais, é antes o reconhecimento destes como o fundamento da construção de um novo edifício científico. Em outras palavras, os modernos partiriam da mesma base epistemológica que os medievais dos séculos XIII-XIV, mas dariam um direcionamento diferente desta base, dado os aspectos externos às próprias construções científicas⁴¹.

⁴¹ - Diz Crombie: *Leonardo da Vinci, Maurolico, Marco Antônio de Dominis e Giambattista della Porta, por exemplo, sempre se referiam às obras de Roger Bacon, Witelo como base das teorias da refração. Kepler escreveu um comentário sobre Witelo, corrigindo as tabelas dos ângulos de refração.* (1959 – p. 106).