

Belas artes e artes bélicas: a origem da geometria descritiva

Fine arts and war arts: the origin of descriptive geometry

Ana Mary Fonseca Barreto de Almeida | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

anamary@iff.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-2286-4267>

Gert Schubring | Universidade Federal do Rio de Janeiro

gert.schubring@uni-bielefeld.de

<https://orcid.org/0000-0002-4093-1091>

RESUMO A geometria descritiva, normalmente, está associada aos tratados de arquitetura da modernidade, o que torna essa disciplina como algo oriundo dos processos construtivos desse período. Uma pesquisa, baseada nas principais influências conceituais, socioculturais e políticas que envolveram a origem da disciplina de geometria descritiva revelou sua grande importância como disciplina no período revolucionário francês, sob influência direta das inspirações iluministas, mas não apenas direcionada pelas concepções da arquitetura. Este artigo tem por objetivo apresentar – a partir da concepção original dos seus autores – a gênese da geometria descritiva oriunda na fusão de duas grandes artes como objeto de ensino: a arquitetura e a fortificação. Para atingir o objetivo proposto considerou-se a análise textual e de contexto numa abordagem de procura extensa da literatura já publicada com a história da geometria descritiva, confrontando e tensionando fontes primárias e secundárias, as quais consideram o contexto sociocultural para um entendimento mais profundo. A análise permitiu identificar que a visão unilateral da arquitetura como fonte única de origem da geometria descritiva desconsiderava seu aspecto mais amplo que era o ensino e a resolução de problemas das fortificações. Portanto, as belas artes e as artes bélicas são as duas fontes que se fundirão no ensino como forma de determinar uma disciplina revolucionária: a geometria descritiva.

Palavras-chave geometria descritiva – arquitetura – fortificação – École Royale du Génie de Mézières.

ABSTRACT *Descriptive geometry is normally associated with architectural treatises of the Modern Times, which makes this discipline something that comes from the construction processes of that period. A survey of the main conceptual, social, cultural and political influences that involved the origin of the discipline of descriptive geometry revealed its great importance as a discipline in the French revolutionary period, under the direct influence of Enlightenment inspirations, but not only directed by the conceptions of architecture. This article aims to present – based on the original conception of its authors – the genesis of descriptive geometry from the fusion of two great arts as teaching objects: architecture and fortification. To achieve the proposed objective, textual and contextual analysis was considered in an extensive search approach for literature already published with the history of descriptive geometry,*

confronting and tensioning primary and secondary sources, considering the sociocultural context for a deeper understanding. The analysis allowed us to identify that the unilateral view of architecture as the sole source of origin of descriptive geometry disregarded its broader aspect, which was the teaching and problem solving of fortifications. Therefore, it is in the fine arts and the military arts that the two sources will merge in teaching as a way of determining a revolutionary discipline: descriptive geometry.

Keywords *descriptive geometry – architecture – fortification – École Royale du Génie de Mézières.*

Introdução

A compreensão da geometria descritiva como disciplina vai muito além do aspecto matemático, como muitos podem pensar. Colegas matemáticos atribuem o início dessa disciplina a partir de Desargues, conferindo um marco histórico a um matemático conhecido. Além disso, a historiografia tradicional, mesmo indo um pouco além, discute a origem dessa disciplina de forma unidimensional, atribuindo sua gênese apenas à arquitetura, e desconsiderando o aspecto mais amplo do contexto social.

Um aspecto revelador foi a construção de abóbodas como o ponto crucial da arquitetura e o desenvolvimento da geometria descritiva. Contudo, como essa edificação teria sido o germe da geometria descritiva se ela existe desde a Antiguidade? Assim, foi apenas a partir da imersão nas fontes históricas que se identificaram as abóbodas chaveadas como fonte dos aspectos matemáticos necessários nos processos construtivos. Além da solidez necessária sem uso de argamassas, foi a economia de matéria-prima o impulsionador de peças cada vez mais precisas. Esse aspecto assume a principal característica dentro da estereotomia, inicialmente como objeto próprio de montadores e arquitetos nos processos construtivos – presentes nos tratados de arquitetura – e depois, no processo de ensino tomado como forma de desenvolver habilidades de visualização espacial de representações de objetos tridimensionais no plano – presente no ensino da *École Royale du Génie de Mézières*.

Ao mesmo tempo, um problema de fortificação é revelador para o uso das projeções na resolução de problemas de *défilement*¹ na *École Royale du Génie de Mézières*. Com isso, as artes bélicas se revelam como uma nova fonte para o entendimento da origem da geometria descritiva.

Geometria descritiva e a importância político-social do seu ensino

A geometria descritiva nasce na França e sua denominação aparece formalmente num documento escrito por Gaspard Monge (1746-1818) em 1794, denominado *Développemens sur l'enseignement de l'École Centrale des Travaux Publics*, que constitui o programa de uma nova escola pública de ensino superior, que um ano depois será denominada *École Polytechnique*.

Criada como disciplina, a geometria descritiva representa o auge da mudança de pensamento e comportamento na forma de representar no papel o espaço tridimensional. Mas, muito além disso, ela é consequência e um espelho da ascendência política da burguesia francesa que via na instrução pública nacional um meio de construir uma sociedade mais justa. Assim, na

1 A arte do *défilement* é a arte de proteger do fogo inimigo pontos dentro do perímetro de uma fortificação a partir do espaço exterior envolvente da fortificação (Carlevaris, 2014, p. 632).

França, a discussão da teoria educacional, na virada do século XVIII para o século XIX, é marcada pelo movimento social da burguesia como resultado da Revolução Francesa.

Além disso, não se pode desconsiderar a ascensão paralela da ciência e da educação nas revoluções sociais e intelectuais do último terço do século XVIII. Mas é só a partir de 1794 que os primeiros projetos educativos da República vão surgir e as ideias pedagógicas do período propunham uma educação dos cidadãos como forma de ajudar a estabilizar a República. A criação da *École Centrale des Travaux Publics*, em março de 1794, transformada em *École Polytechnique* em 1795, é a primeira ação nesse sentido. Assim, a *École Centrale des Travaux Publics* é uma das muitas realizações intelectuais e sociais da Revolução Francesa, cuja inspiração vinha dos escritos de Condorcet (1743-1794).

Para Condorcet, o requisito primordial ao desenvolvimento social vem da combinação do conhecimento teórico com o conceito de aprender a aprender. E vai ser essa estrutura que relaciona o conhecimento teórico e a aplicação dessa teoria que será o ponto significativo na influência de Condorcet no desenvolvimento das ciências naturais no século XIX. Para ele, a ciência deve ser ensinável e, portanto, essa relação entre ensino e ciência não é unilateral. Condorcet (1792, p. 33-34) afirma que o aperfeiçoamento da linguagem científica passa pela linguagem matemática como uma forma de desenvolver a ciência. Ele ainda afirma que o conhecimento da linguagem matemática pode ser a "chave" que conduz à verdade todas as ciências. Dessa forma, os conhecimentos matemáticos e físicos vão contemplar todo o programa da *École Centrale des Travaux Publics* e, posteriormente, a *École Polytechnique*.

Belas artes: o papel da arquitetura na origem da geometria descritiva

A arquitetura tem, verdadeiramente, um papel fundamental na origem da geometria descritiva a partir da estereotomia, ou seja, da arte do corte de pedras. Mas ela não será a única arte que dará origem a essa disciplina. A grande contribuição da arquitetura se dá a partir das construções de abóbodas (Figura 1), mas isso só se revelará de grande importância na origem da geometria descritiva, com o início do Renascimento. A Figura 1 apresenta os tipos de abóbodas: abóboda de berço e abóboda de aresta.

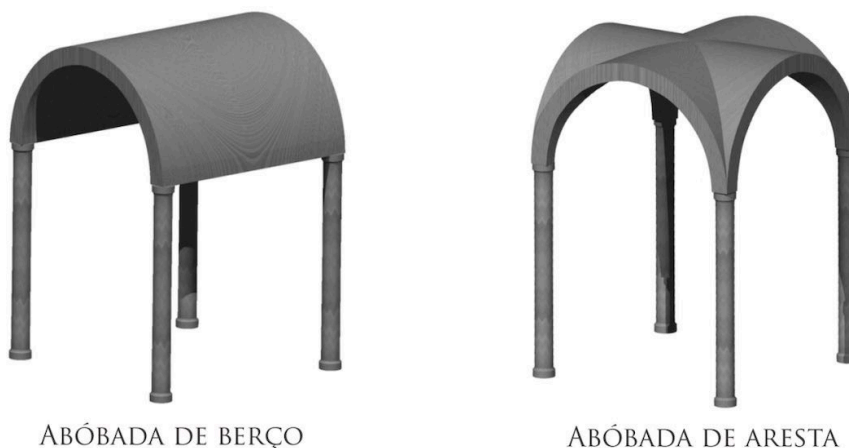


Figura 1: tipos de abóbodas

Fonte: <https://arteculturas.com/2017/02/15/o-arco-romano-e-as-abobadas>. Acesso em: 18 jan. 2021.

Mas as abóbodas já desafiavam as construções, fossem elas a do Pantheon de Roma ou a cúpula da basílica de Santa Sofia, obras dos anos 128 EC e 537 EC, respectivamente. Todavia, características distintas vão se revelando. A primeira, a cúpula do Pantheon de Roma, foi feita de um material leve, o concreto pozolana – a pozolana é uma cinza vulcânica abundante na região do Vesúvio –, enquanto a segunda usou tijolos e argamassas espessas. Na Antiguidade e na Idade Média, as obras eram pensadas no sentido em que iam sendo executadas, ou seja, de baixo para cima. Exemplo disso foi a cúpula da basílica de Santa Maria del Fiore em Florença, que só foi construída quase dois séculos depois de seu projeto básico, que data do final do século XIII. Inicialmente sem solução, ela só foi possível a partir da concepção do arquiteto Filippo Brunelleschi (1337-1446) e construída entre 1419 e 1436.

Mesmo com diversos avanços nas técnicas de construção, as edificações das abóbodas não requeriam um *layout* geométrico habilidoso. Mas é apenas quando essas abóbodas passam a ser chaveadas – nas abóbodas chaveadas, a solidez da estrutura vem do perfeito encaixe das peças sem uso de argamassa – é que passa a ser necessária a predeterminação geométrica das peças. Além disso, os métodos precisavam ser ainda mais precisos para que não houvesse perda de material, devido à escassez de matéria-prima. Essa mudança dos métodos de corte de pedra revela uma transição existente entre os mestres-pedreiros medievais e os arquitetos do Renascimento.

O século XVI é marcado por muitas publicações de tratados de arquitetura, mas a retomada da cultura de escrita de textos das atividades arquitetônicas tem seu marco no século XV, com a obra *De Re Aedificatoria*, escrita em 1452, por Leon Battista Alberti (1404-1472). A obra ficou mais conhecida como *Tratado de arquitetura* de Leon Battista Alberti quando de sua publicação impressa, em 1485. Essa obra tem como referência os *Dez livros* sobre a arquitetura de Vitruvius, obra do século I aEC – segundo seus próprios relatos, Vitruvius viveu no período governado pelo imperador romano Augusto César (63 aEC-14 EC). Embora de extrema importância, uma vez que é o primeiro tratado de arquitetura do Renascimento – além dos mestres-pedreiros medievais não deixarem muitos escritos –, o tratado de Alberti não tinha um livro dedicado ao corte de pedras, ou seja, à estereotomia. O que caracteriza Alberti ainda se utilizar de uma geometria construtiva, comum aos mestres-pedreiros medievais. Shelby (1972, p. 419) cunhou esse termo para justificar os procedimentos geométricos básicos para transformação em desenhos arquitetônicos. Assim, na geometria construtiva, as figuras geométricas são manipuladas por uma série de pré-etapas, sem que isso exigisse um conhecimento da geometria clássica de Euclides. Com isso, a geometria utilizada por Alberti pode ser considerada uma geometria subcientífica, ou seja, um conhecimento de especialistas, muitas vezes baseado em receitas e regras empíricas (Høyrup, 1990, p. 64, 82).

Esse panorama só vai mudar a partir do tratado de Philibert de l'Orme (1514-1570) – *Le premier tome de l'architecture*, publicado em 1567 – o qual dedicou dois de seus “livros”² à estereotomia. Na busca pelos métodos exatos do corte de pedras – visando à solidez e à economia –, de l'Orme marca uma nova concepção dos tratados de arquitetura. É o momento da geometria científica, ou seja, aquela baseada num conhecimento teórico (Høyrup, 1990, p. 64). E essa geometria científica vai marcar os diversos tratados seguintes, dos quais destacamos a obra de Girard Desargues (1591-1661) – o *Brouillon project d'atteinte aux événements des*

2 Os livros III e IV do *Tratado de arquitetura* de Philibert de l'Orme são dedicados à estereotomia. O tratado é composto por nove livros. Os livros correspondem ao que se denominam capítulos.

recontres du cône avec un plan, publicado em 1640 em Paris – e o tratado de Amédée-François Frézier (1682-1773), publicado em três volumes *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voûtes ou Traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture*. As publicações ocorreram em anos consecutivos: o volume 1 é de 1737; o volume 2, de 1738; e o volume 3 foi publicado em 1739.

Embora Desargues trate em sua obra de objeto arquitetônico – abóbodas chaveadas e em viés –, ele apresenta originalidade nos métodos geométricos utilizados para resolução dos problemas de estereotomia. O problema é que os métodos não foram entendidos pelos montadores e nem mesmo pelos grandes matemáticos de sua época, ficando sua obra esquecida. Com interesse renovado em geometria e nos ensinamentos praticados por Gaspard Monge na *École Polytechnique*, os matemáticos do século XIX redescobriram as obras de Desargues (Sakarovitch, 2010, p. 122).

A riqueza da obra de Frézier é estabelecer o primeiro volume de seu tratado totalmente destinado ao estudo teórico e abstrato das superfícies e interseções de corpos geométricos redondos – esfera, cone, cilindro. Isso porque, para Frézier (1737), nada melhor do que conhecer as partes que compõem as abóbodas examinando as seções formadas pelas divisões dos corpos geométricos. O que demonstra que os tratados, a partir de Philibert de l'Orme, já fazem uso do sistema de projeção dupla no uso da geometria tridimensional. Entretanto, uma maior sistematização começa a aparecer no tratado de Frézier.

Artes bélicas: o papel da fortificação na origem da geometria descritiva

As cidades eram fortificadas por meio de muros que tinham a forma de um anel, com torres situadas ao longo da muralha para fins de observação e guarda. As situações de ataque e defesa no Ocidente estavam adormecidas e isso só vai mudar a partir do contato com o Oriente, por meio das Cruzadas (Reuleaux, 1912, p. 6-7). As Cruzadas consistiram em movimentos militares de inspiração cristã que partiram da Europa Ocidental em direção à Terra Santa.

Assim, cidades e castelos passaram a receber muralhas circulares altas e resistentes a golpes de picaretas. Com muralhas mais alargadas, torres e prédios de guarda foram recebendo mais espaços; as estruturas dos portões foram sendo empurradas para além das muralhas, no sentido de compor uma estrutura externa que assegurasse a entrada e a saída da guarda. Mas, com o advento da pólvora, o ataque ganhou superioridade sobre a defesa. Embora conhecida no Oriente desde o século IX, o Ocidente só veio conhecê-la no século XIII (Reuleaux, 1912, p. 8-10). Com isso, as armas de fogo foram introduzidas na guerra, mesmo que lentamente. Desse modo, é possível identificar o período de transição – de 1420 a 1520 – na arte da fortificação para ciência da fortificação, com um marco a partir de Albrecht Dürer (1471-1528), artista famoso e arquiteto de guerra alemão (Reuleaux, 1912, p. 12). Dürer é responsável pelo renascimento da fortificação, pois foi o primeiro a escrever sobre ela após a Antiguidade, sendo considerado o fundador da arte científica da fortificação, influenciando os sistemas de fortificação futuros (Reuleaux, 1912, p. 18). Cabe destacar que Dürer e Alberti viveram no século XV, influenciados pelo Renascimento, ou seja, há uma tendência de retomada da cultura de escrita de tratados como era na Antiguidade. Assim, a virada dos séculos XV e XVI é marcada pelas obras imortais

de Dürer – que vão influenciar o grande engenheiro militar no século XVII, Sebastian Lepreste de Vauban (1633-1707).

A École du Génie de Mézières e o seu papel na união das duas artes

Duas artes caminham e se desenvolvem de forma independente ao longo dos séculos: as belas artes e as artes bélicas. Nas belas artes, o avanço das técnicas gráficas pode ser identificado desde a Antiguidade, e o que se sabe do conhecimento geométrico desse período é por meio dos *Dez livros* de Vitruvius, chegando até os tratados de estereotomia da modernidade. Nas artes bélicas, os desafios são cada vez maiores com o advento da pólvora e os problemas de *défilement* que vão requerendo cada vez mais conhecimentos dos engenheiros.

Nas belas artes, é possível distinguir a transmissão do conhecimento matemático entendida a partir de duas situações diferentes: uma que corresponde ao mundo pós-renascentista e outra que se refere ao mundo pré-moderno. No mundo pós-renascentista, há uma busca do conhecimento por si mesmo, denominado por Høyrup (1990, p. 64) “conhecimento científico”, ou seja, o “conhecimento teórico” no sentido grego. Já no mundo pré-moderno, a tradição está associada ao conhecimento dos especialistas transmitido em função de sua aplicabilidade, mas vai além de um conhecimento comum. A esse conhecimento, Høyrup (1990, p. 64) denomina de “conhecimento subcientífico”.

Diferentemente das belas artes, as artes bélicas serão caracterizadas pela transmissão desse “conhecimento subcientífico”. Embora, em 1748, seja criada a *École Royale* du Génie de Mézières – a primeira instituição de formação dos engenheiros na França – os métodos empíricos de tentativas e erros ainda eram aplicados. No entanto, o estudo de fortificação – em especial, os problemas de *défilement* – vai requerendo cada vez mais conhecimentos dos engenheiros devido aos desafios que o advento da pólvora e o progresso do armamento bélico produzem. Assim, a resolução dos problemas de *défilement* vai requerendo conhecimentos matemáticos, seja pelo uso dos longos cálculos que o método desenvolvido por Chastillon utilizava, seja pelos processos geométricos utilizados por Monge. Desse modo, a transmissão baseada no “conhecimento científico” nas artes bélicas terá um crescimento com o processo de “matematização” da fortificação, iniciado na *École Royale* du Génie de Mézières cujo ápice se dará com a criação da geometria descritiva e da *École Polytechnique*.

Com isso, o início do século XVIII é marcado pela necessidade de formação do engenheiro. No cargo de engenheiro-chefe de Mézières, Nicolas-François-Antoine de Chastillon (1685-1765) fundou a *École Royale* du Génie de Mézières e dois anos depois de sua criação, todos os futuros engenheiros eram obrigados a passar por ela, antes de obter sua patente. Dessa forma, de 1751 a 1793, todos os alunos admitidos ao concurso de engenheiros passavam ali dois anos antes de obter o certificado. A *École* tinha por objetivo formar engenheiros militares treinados para a construção de fortificações, além dos trabalhos de ataque e defesa de lugares (Taton, 1951, p. 10-11). A *École Royale* du Génie de Mézières funcionou de 1748 a 12 de fevereiro de 1794, quando foi transferida para Metz, com um papel diferente, visto a criação da *École Polytechnique*, em Paris.

Em 1762, Chastillon introduziu no início do curso o ensino de estereotomia, pois considerava fundamental à formação do engenheiro. Segundo Sakarovitch (1998, p. 221), a mudança

de função desse ensino é importante para compreender a gênese da teoria geométrica, pois a estereotomia deixa de ser entendida como uma técnica de construção. Nesse momento, a estereotomia é tomada como objeto de ensino, pois Chastillon via a estereotomia como meio de desenvolver a visão espacial e de propiciar uma formação em geometria. Frézier já fazia isso, não como meio de ensino, mas como meio de facilitar os processos construtivos nos canteiros de obras. Os tratados de Frézier eram voltados apenas a arquitetos e engenheiros, diferentemente de Chastillon, cujo objetivo era o ensino, como pode ser constatado no prefácio de sua obra *Traité des ombres dans le dessin géométral*³: “Desde o primeiro estabelecimento da École du Génie de Mézières, procuramos dar aos jovens oficiais os princípios do desenho e fazê-lo com método” (Olivier, 1847, p. 5; tradução nossa). Portanto, é a estereotomia, ou seja, a arquitetura assumindo sua importância no processo formativo baseado num conhecimento científico.

À medida que as armas de fogo se tornavam mais poderosas, eram necessários novos estudos para que as fortificações militares ficassem mais eficientes no combate ao inimigo. Dessa maneira, no final do século XVII, o marechal Vauban elaborou um novo sistema de fortificações. Na verdade, ele não cria um tipo de fortificação, mas adapta seu projeto às características do terreno após estudo minucioso. Essa contribuição vai influenciar os estudos relativos à arte do *défilement*, ou seja, estabelecer o relevo das diferentes partes de uma fortificação de tal forma que, mantendo-se econômica ao máximo, essa construção colocasse os defensores fora de vista e dos golpes de adversários localizados em qualquer ponto do território externo. É a fortificação assumindo sua importância no processo formativo. Contudo, ainda de forma muito empírica. O engenheiro obtinha – pelo método da tentativa (que eram sucessivas) e erro ocorrido no próprio campo – uma planta do local de cada frente de fortificação (Belhoste, 1992, p. 542).

É apenas quando os problemas de fortificação são confiados a Monge que a união entre essa arte e a arquitetura dará os primeiros passos no sentido da criação da geometria descritiva. Gaspard Monge foi um francês nascido na cidade de Beaune em 9 de maio de 1746. No verão de 1764, ele elaborou, junto com um amigo, uma planta de sua cidade que foi apresentada a um oficial superior de engenharia, o coronel Antoine-Nicolas-Bernard du Vignau (1716-1795). Reconhecendo a habilidade do jovem Monge, du Vignau convidou-o para a *École* de Mézières. Ao chegar à *École*, no final de 1764, Monge identificou que fora escalado para a La Gache e não para aquela, a qual aceitava apenas jovens oriundos de famílias nobres. Assim, longe de ser de origem nobre, Monge ingressou na La Gache, como era chamada pelos alunos a instituição criada por Chastillon, na década de 1760. Essa instituição era anexa à escola de oficiais com o objetivo de formar pessoal técnico para atuar junto ao corpo de engenharia. Segundo Arago (1854, p. 439), durante os seus estudos, Monge mostrou grandes habilidades matemáticas, solucionando problemas de geometria tridimensional. Dessa forma, dificuldades na construção de fortificações foram confiadas a Monge e elas consistiam em resolver problemas de *défilement* que, segundo os métodos de Sebastian de Vauban (1633-1707) e Louis de Cormontaigne (1696-1752), eram resolvidos empiricamente, colocando soldados no campo. Chastillon já havia iniciado um estudo mais teórico, porém longos cálculos eram necessários, além de inúmeras correções empíricas

3 O *Traité des ombres dans le dessin géométral* é um manuscrito creditado a Chastillon e escrito em 1763 como uma das várias memórias retiradas da coleção de manuscritos da biblioteca da *École d'Application de l'Artillerie et du Génie* à Metz reproduzida num volume de Théodore Olivier, publicado em 1847 (Olivier, 1847, p. 5). Nela, Olivier (p. 6) diz acreditar que esse tratado foi escrito para a formação dos jovens oficiais de engenharia. Olivier omite as figuras em que, estranhamente, tiveram algumas dessas pranchas encontradas, pelos autores deste artigo, em uma dissertação de mestrado alemã.

(Taton, 1951, p. 12). Monge, exausto pelos intermináveis e monótonos cálculos utilizados na resolução abandonou imediatamente a orientação seguida (Dupin, 1819, p. 12). Assim, Monge desenvolve o primeiro método geométrico e geral para solucionar o importante problema de *défilement* (Dupin, 1819, p. 13).

Monge analisou o problema e apresentou uma solução puramente geométrica e, consequentemente, mais rápida do que as soluções usadas até então (Figura 2). Por essa razão, esse problema prático é considerado – em especial por Pierre Charles François Dupin (1784- 1873) e Jean Nicolas Pierre Hachette (1769-1834) – como uma das fontes diretas da geometria descritiva. É a fusão da arquitetura – por meio dos estudos da estereotomia – com a fortificação – por meio dos problemas de *défilement*. A Figura 2 apresenta o método de Monge para resolver o problema de *défilement*.

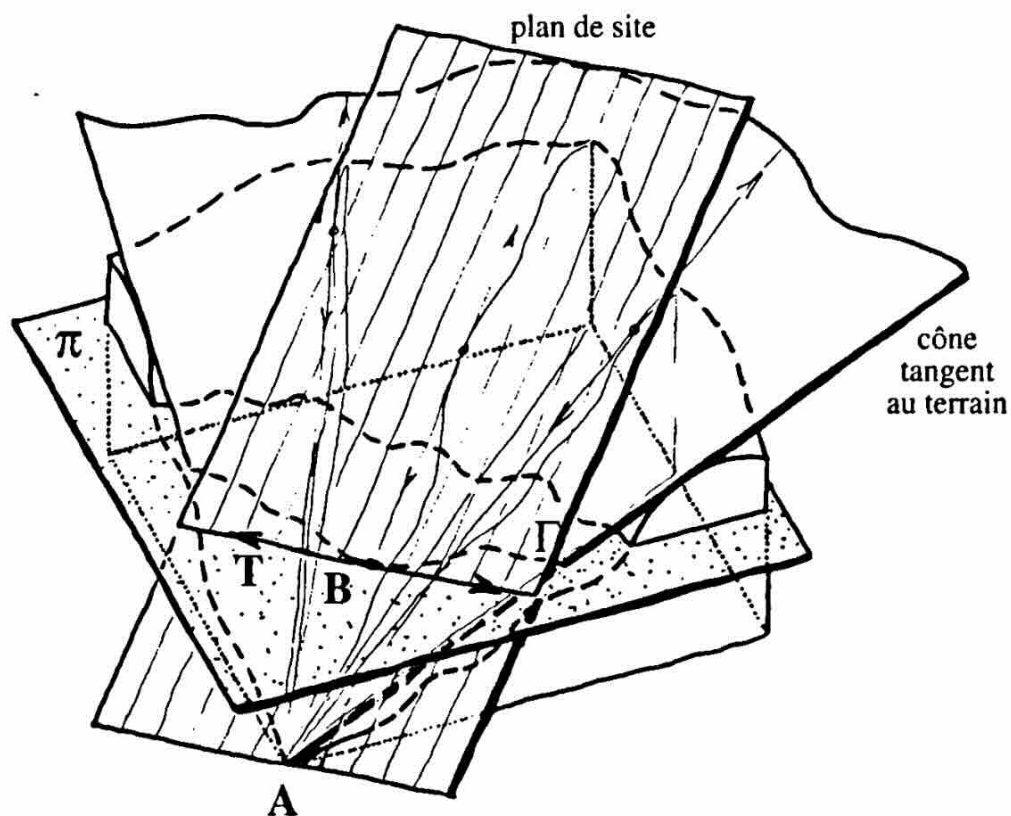


Figura 2: Determinação do plano de *défilement* que passa pelo ponto A. Fonte: Sakarovitch (1998, p. 228).

O problema do *défilement* com o qual Monge foi confrontado consistia em determinar a posição e a altura de parapeitos construídos para protegerem uma dada localização do tiro do canhão inimigo. Era necessário determinar um plano – chamado de *site* – tangente ao solo (na prática a um setor do terreno) passando pelo ponto que se quer *défiler*; esse plano permite reduzir o problema a um caso cujo terreno é plano (Sakarovitch, 1998, p. 229).

O método consiste em introduzir uma superfície cônica, cujo vértice é o ponto A que se quer *défiler* e que se apoia sobre a linha de horizonte vista de A. Qualquer plano tangente a essa

superfície é tangente ao terreno e constitui um *plan de site* (plano do terreno). Para construir tal plano, é necessário, inicialmente, determinar as geratrizes da superfície cônica, utilizando planos verticais auxiliares que passam pelo ponto A. A seção do terreno, por tal plano, determina uma curva, e a tangente resultante do ponto A a essa curva é uma geratriz do cone. Considera-se, então, um plano π qualquer que não passa por A, mas que intersecta o cone de acordo com uma curva denotada por Γ na figura. Escolhe-se um ponto B de Γ de modo que a reta T – tangente à Γ em B – deixe todos os pontos de Γ (diferentes de T) de um mesmo lado de um dos semiplanos de π e deixe a projeção de A sobre π localizados no outro semiplano. O ponto A define com a reta T um *plan de site* (plano do terreno).

Assim, métodos imperfeitos e obscuros realizados pelos engenheiros a partir da tentativa de acerto e erro que, geralmente, geravam defeitos de solidez e até mesmo demolições, foram substituídos pela rapidez com a solidez e economia desejadas. Ao propor as técnicas gráficas substituindo as tentativas empíricas na resolução de problemas de *défilement*, Monge foi recompensado assumindo o lugar de tutor de matemática na *École du Génie de Mézières*. Três anos depois, em 1768, Monge assume como professor de matemática, substituindo Bossut que se tornou examinador de estudantes de engenharia após a morte de Camus, visto que esse cargo era vitalício.

Desse modo, a partir do uso das projeções de objetos tridimensionais aplicados na estereotomia e depois nos problemas de *défilement*, ou seja, na união da arquitetura e da fortificação é que se constitui o germe da geometria descritiva. Mas é só com o documento de criação da *École Polytechnique* – inicialmente como *École Centrale de Travaux Publics* – que esse termo será cunhado como uma disciplina científica.

A geometria descritiva: a disciplina que une as duas artes arquitetura e fortificação

A geometria descritiva, criada como disciplina, é o auge de uma mudança de pensamento na forma de representar, no plano, o espaço tridimensional. Mas ela vai além disso, porque ela é consequência de uma mudança de comportamento de um grupo social francês que via na instrução pública nacional a manutenção da República, ou seja, a geometria descritiva é resultado da Revolução Francesa.

Muitas das realizações intelectuais e sociais da Revolução Francesa foram inspiradas nos escritos de Marie Jean Antoine Nicolas de Caritat, o marquês de Condorcet (1743-1794), que atribui à matemática uma importância como linguagem universal, pois para Condorcet (1792, p. 34), a linguagem matemática poderia ser a “chave” que conduziria a verdade a todas as ciências. O *Rapport et projet de décret sur l'organisation générale de l'instruction publique* – mais conhecido como Plano de Condorcet – apresentado à Assembleia Nacional em 1792, trouxe, entre outros aspectos, a instrução nacional como o principal instrumento para a igualdade política e real entre os cidadãos. Para isso, o ensino deveria ser o mais abrangente possível e combinado com uma metodologia adequada ao desenvolvimento das habilidades intelectuais (Condorcet, 1792, p. 17).

Muito inspirado nos escritos de Condorcet e nas concepções da análise no sentido de Étienne Connot de Condillac (1715-1780), nasce o programa de uma escola que pudesse ser

o berço dos serviços públicos, a *École Centrale de Travaux Publics*, concebida em fevereiro de 1794. Segundo Condillac (1795, p. 29-30), “analisar nada mais é do que observar em ordem sucessiva as qualidades de um objeto, a fim de lhes dar na mente a ordem simultânea em que existem. Isso é o que a natureza nos faz fazer”.

É relevante enfatizar que a obra *Développemens sur l'enseignement de l'École Centrale des Travaux Publics*, de Monge, desempenhou papel fundamental na constituição do documento que embasou toda a organização do ensino e da estrutura da *École Centrale de Travaux Publics* e o objetivo a ser alcançado por ela era

oferecer aos jovens que deram provas de disposição e inteligência, todo o conhecimento positivo que é necessário para ordenar, dirigir e administrar as obras de todos os tipos, encomendadas para a utilidade geral e executadas à custa da República (Monge, 1794, p. 1-2; tradução nossa).

E esse conhecimento deveria ser dois tipos, como apontado por Monge no *Développemens*: (i) o primeiro tem relação com a forma e o movimento dos corpos e é adquirido por meio de raciocínio, uso de cálculos, de régua e de compasso e faz parte da matemática; (ii) o segundo se refere à composição dos corpos e às propriedades das moléculas que os compõem. Ele é adquirido nas experiências em laboratórios e oficinas e faz parte da física/química.

Os métodos de ensino e pesquisa adotados pela *École Centrale de Travaux Publics* e, posteriormente, no início da *École Polytechnique*, seguiram o entendimento de Condillac para a origem das ideias que, para ele, seguem as lições que a natureza dá sobre a arte de pensar. Segundo Schubring (2005, p. 295), a compreensão do método de análise tem campo fértil nas duas áreas de conhecimento dessa *École*, pois elas – a matemática e a física/química – se constituem como linguagens de alto grau de perfeição e servem como importantes instrumentos para descobertas e apresentações de novos conhecimentos. Com isso, a análise era um tópico básico relacionado ao emprego da teoria em diferentes áreas com aplicações na geometria, na mecânica e nos cálculos dos efeitos das máquinas.

Assim, a geometria descritiva prestou importante papel, pois se constituiu como meio de associação entre teoria e prática segundo os conceitos de Condorcet, e foi um importante instrumento de aplicação da análise de Condillac.

Embora criada com um conceito inovador e extraordinário de combinar teoria e aplicações dadas como unidade, um ano depois de sua criação, a *École Centrale des Travaux Publics* se torna uma escola de fundamentos básicos para as *écoles d'application*. Dessa maneira, em 21 de outubro de 1795, a Convenção Nacional decreta, por meio de lei, que seja criada uma rede de escolas relativas às diversas profissões exclusivamente vocacionais ao serviço público denominadas: *École Polytechnique*; *Écoles d'Artillerie*; *École des Ingénieurs Militaires*; *École des Ponts et Chaussées*; *École des Mines*; *École des Géographes*; *École de Ingénieurs de Vaisseaux*; *Écoles de Navigation* e *Écoles de Marine*. Para admissão nas oito últimas escolas, era necessário que os alunos tivessem cursado a primeira. Portanto, a *École Polytechnique* se torna uma escola dos fundamentos básicos para as demais (*République Française*, 1795, p. 217-218). É o início da separação do campo teórico e de suas aplicações, começando a romper com a estrutura básica da geometria descritiva – arquitetura e fortificação – a qual terá seu ápice em 1810, com a crise na *École de Metz*.

Considerações finais

Apresentam-se as considerações finais pautadas na análise textual e de contexto, por meio da imersão na literatura existente sobre a história da geometria descritiva como forma de compreender a origem dessa disciplina. A partir da imersão, foi possível identificar e intervir nos diversos discursos existentes sobre a temática, mesmo que essa clareza não estivesse presente no início do trabalho.

Inicialmente, buscou-se nos tratados de arquitetura – como a literatura tradicional sugere – a gênese da geometria descritiva. Foi necessário entender os processos do desenvolvimento geométrico dos arquitetos e dos mestres pedreiros medievais, ampliando a visão de quando o conhecimento científico e a matemática se tornam uma constante nos processos construtivos. Além disso, foi possível identificar o momento em que o corte de pedras deixa de ser apenas objeto de práticas profissionais e se manifesta como objeto de ensino na formação dos engenheiros.

Aliado a esses aspectos, surge um problema de *défilement* que passa a ter papel fundamental quando se utiliza das projeções de objetos tridimensionais – no caso o cone – para sua solução. Esses dois conteúdos de ensino – arquitetura e fortificação –, tão fortemente associados às aplicações práticas, passam a ser desenvolvidos juntos na *École Royale* du Génie de Mézières, dando origem ao que se tornará, anos depois, a geometria descritiva.

Todavia, isso só foi possível com a conjuntura excepcionalmente favorável que a Revolução Francesa proporcionou, provocando uma reviravolta na formação dos engenheiros. Portanto, surgiu a concepção de um novo tipo de escola para formar cidadãos que pudessem manter os ideários republicanos. Assim, nasceu a *École Centrale des Travaux Publics* que tinha por objetivo dar aos jovens os conhecimentos necessários para ordenar, dirigir e administrar os trabalhos de todos os gêneros da recente república. Nela, a geometria descritiva se constituiu com importante papel para a mudança de mentalidade de toda uma geração de engenheiros ali formados, pelo menos em seu auge, como podem ser considerados os primeiros 15 anos dessa *École*.

Referências bibliográficas

- ARAGO, F. Oeuvres complètes: notices biographiques. 2. ed. Paris: J. Claye, 1854.
- BELHOSTE, B. Annexe 16: Les problèmes de défilement. In: DHOMBRES, J. (dir.). L'École Normale de l'an III. v. 1. Leçons de mathématique: Laplace – Lagrange – Monge. Paris: Éditions Rue d'Ulm, 1992. p. 541-546.
- CARLEVARIS, L. Nicolas-François-Antoine de Chastillon: the défilement of fortifications at the roots of descriptive geometry. Nexus Network Journal. v. 16, p. 631-652, 2014.
- CONDILLAC, E.B. *La logique ou les premiers développemens de l'art de penser*. Paris: Fr. Dufart, 1795.
- CONDORCET, J.A.C. *Rapport et projet de décret sur l'organisation générale de l'instruction publique*. Paris: l'Imprimerie Nationale, 1792.
- DUPIN, C. *Essai historique sur les services et les travaux scientifiques de Gaspard Monge*. Paris: Bachelier, 1819.

- FRÉZIER, A.F. *Théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voûtes ou traité de stéréotomie à l'usage de l'architecture*. v. 1. Strasbourg: J.D. Doulsseker; Paris: L.H. Guérin, 1737.
- HØYRUP, J. Sub-scientific mathematics: observations on a pre-modern phenomenon. *History of Science*, v. 28, n. 1, p. 63-77, 1990.
- MONGE, G. *Développemens sur l'enseignement adopté pour l'École Centrale des Travaux Publics, décrétée par la Convention Nationale, le 21 ventôse an II de la République: pour servir de suite au rapport concernant cette École, fait à la Convention Nationale les 3 & 7 Vendémiaire, an III de la République*. [Paris]: De l'Imprimerie Nationale, 1794.
- OLIVIER, T. *Applications de la géométrie descriptive: aux ombres, à la perspective et aux engrenages*. Paris: Carlian-Goeury; von Dalmont, 1847.
- RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. *Constitution de la République Française: lois y relatives*. Paris: l'Imprimerie de la République, 1795.
- REULEAUX, O. *Die geschichtliche Entwicklung des Befestigungswesens, vom Aufkommen der Pulvergeschütze bis zur Neuzeit*. Leipzig: Göschen, 1912.
- SAKAROVITCH, J. *Épures d'architecture: de la coupe des pierres à la géométrie descriptive XVIe-XVIIe siècles*. Berlin: Birkhäuser, 1998.
- SAKAROVITCH, J. Le fascicule de coupe des pierres de Girard Desargues. *Encyclopédie des métiers: la maçonnerie et la taille de pierre*. Paris: Presses du Compagnonnage, 2010. p. 121-147.
- SCHUBRING, G. *Conflicts between generalization, rigor and intuition: number concepts underlying the development of analysis in 17th-19th century France and Germany*. New York: Springer, 2005.
- SHELBY, L. The geometrical knowledge of mediaeval master masons. *Speculum*, v. 47, n. 3, p. 395-421, 1972.
- TATON, R. *L'oeuvre scientifique de Monge*. Paris: Presses Universitaires de France, 1951.

Recebido em 21/05/2024

Aceito em 15/10/2024