

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA REGINA LEONI SCHIMID SARRO

AULA INÉDITA FUNDAMENTADA SOBRE A PRESENÇA DA MATEMÁTICA
NA FORMA ARQUITETÔNICA

CURITIBA

2023

MARIA REGINA LEONI SCHIMID SARRO

AULA INÉDITA FUNDAMENTADA SOBRE A PRESENÇA DA MATEMÁTICA
NA FORMA ARQUITETÔNICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista, Curso de Pós-Graduação Lato Sensu de Especialização em Ensino de Matemática para o Ensino Médio, ora denominado Matemática na Prática, na modalidade a distância, Programa da Universidade Aberta do Brasil (UAB), Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rolkouski
Orientadora: Profa. Dra. Laura Leal Moreira

CURITIBA

2023

RESUMO

A prática de docência em disciplinas variadas relacionadas à área de tecnologia da construção civil em cursos de graduação evidencia dificuldades existentes junto a uma parcela de estudantes com relação à aplicação de operações matemáticas nessas disciplinas. A educação matemática¹ não é um requisito para a sua graduação, pois supõe-se que estudantes universitários já tiveram uma formação matemática suficiente em fases anteriores do ensino (Ensino Fundamental e do Ensino Médio). Contudo, percebe-se na prática que essa não é a realidade de um grupo significativo de discentes - é comum a existência de dificuldades com relação ao uso desses conceitos e essas dificuldades podem resultar em obstáculos para o desempenho acadêmico e profissional desses estudantes. Esse material propõe-se a apresentar um conjunto de aulas desenvolvidas com a intenção de resgatar conceitos matemáticos de Ensino Fundamental e Ensino Médio entre estudantes de graduação em Arquitetura e Urbanismo e aplicá-los de forma contextualizada à sua área de formação. Trata-se de uma ferramenta que pretende mostrar a presença da Matemática na forma arquitetônica e evidenciar relações que podem auxiliar na compreensão dessa conexão. A forma arquitetônica será apresentada a partir de relações matemáticas envolvendo funções do 1º grau, funções do 2º grau, funções trigonométricas, funções exponenciais e funções logarítmicas. O estudante será incentivado a entender, reproduzir e construir formas tanto manualmente, como a partir de recursos digitais. Pretende-se, assim, inicialmente se resgatar conceitos matemáticos, para posteriormente, usufruindo do elevado potencial educativo que tecnologias de informação e comunicação oferecem ao ensino, unir a apresentação e a análise de conceitos matemáticos a recursos digitais e assim intensificar a oportunidade de aprendizado. Apresenta-se, aqui, uma sequência de quatro aulas ou quatro encontros, identificando os principais detalhes de cada encontro, as atividades a ele relacionadas e os resultados esperados com o seu desenvolvimento. Por fim, são apresentadas as considerações finais, que visam ressaltar aspectos positivos da experiência de montagem desse conjunto de aulas e apresentar possíveis contribuições que esse material pode oferecer à comunidade acadêmica dos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

Palavras-chave: Arquitetura. Ensino de Funções. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

The teaching practice in various disciplines related to the field of civil construction technology in undergraduate courses highlights the difficulties that exist among a portion of students regarding the application of mathematical operations in these subjects. Mathematical education is not a requirement for their graduation, as it is assumed that university students have already received sufficient mathematical training in earlier stages of education (Elementary and High School). However, in practice, it is observed that this is not the reality for a significant number of students - difficulties in using these concepts are common, and these difficulties can result in obstacles to their academic and professional performance. This material aims to present a set of lessons developed with the intention of reintroducing mathematical concepts from Elementary and High School to undergraduate students in Architecture and Urbanism and applying them in a contextualized manner to their field of study. It is a tool that seeks to demonstrate the presence of Mathematics in architectural forms and highlight relationships that can help understand this connection. Architectural form will be presented through mathematical relationships involving linear functions, quadratic functions, trigonometric functions, exponential functions, and logarithmic functions. Students will be encouraged to understand, reproduce, and construct forms both manually and using digital resources. The initial goal is to retrieve mathematical concepts and then, taking advantage of the high educational potential offered by information and communication technologies, combine the presentation and analysis of mathematical concepts with digital resources to enhance the learning opportunities. Here, a sequence of four lessons or four sessions is presented, identifying the main details of each session, the related activities, and the expected results from their development. Finally, concluding remarks are presented, highlighting the positive aspects of assembling this set of lessons and discussing possible contributions that this material can offer to the academic community in Architecture and Urbanism courses.

Keywords: Architecture. Teaching Functions. Interdisciplinarity.

1. Introdução

A prática de docência em disciplinas variadas relacionadas à área de tecnologia da construção civil em cursos de graduação evidencia dificuldades existentes junto a uma parcela de estudantes com relação à aplicação de operações matemáticas nessas disciplinas. A educação matemática¹ não é um requisito para a sua graduação, pois supõe-se que estudantes universitários já tiveram uma formação matemática suficiente em fases anteriores do ensino (Ensino Fundamental e do Ensino Médio). Contudo, percebe-se na prática que essa não é a realidade de um grupo significativo de discentes - é comum a existência de dificuldades com relação ao uso desses conceitos e essas dificuldades podem resultar em obstáculos para o desempenho acadêmico e profissional desses estudantes. Esse material propõe-se a apresentar um conjunto de aulas desenvolvidas com a intenção de resgatar conceitos matemáticos de Ensino Fundamental e Ensino Médio entre estudantes de graduação em Arquitetura e Urbanismo e aplicá-los de forma contextualizada à sua área de formação. Trata-se de uma ferramenta que pretende mostrar a presença da Matemática² na forma arquitetônica e evidenciar relações que podem auxiliar na compreensão dessa conexão. A forma arquitetônica será apresentada a partir de relações matemáticas envolvendo funções do 1º grau, funções do 2º grau, funções trigonométricas, funções exponenciais e funções logarítmicas. O estudante será incentivado a entender, reproduzir e construir formas tanto manualmente, como a partir de recursos digitais. Pretende-se, assim, inicialmente se resgatar conceitos matemáticos, para posteriormente, usufruindo do elevado potencial educativo que tecnologias de informação e comunicação oferecem ao ensino, unir a apresentação e a análise de conceitos matemáticos a recursos digitais e assim intensificar a oportunidade de aprendizado. Apresenta-se, aqui, uma sequência de quatro aulas ou quatro encontros, identificando os principais detalhes de cada encontro, as atividades a ele relacionadas e os resultados esperados com o seu desenvolvimento. Por fim, são apresentadas as considerações finais, que visam ressaltar aspectos positivos da experiência de montagem desse conjunto de aulas e apresentar possíveis contribuições que esse material pode oferecer à comunidade acadêmica dos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

2. Fundamentação teórica

Existe uma clara relação entre a Matemática e o desenvolvimento de construções. Rooney observa que os primeiros contatos do homem com a geometria são anteriores aos sistemas de números escritos e que, possivelmente, problemas práticos de geometria surgiram na construção bem antes deles serem registrados de forma escrita. O autor relata que documentos de aproximadamente 3.100 a.C já apresentavam regras matemáticas para medir extensões de terrenos e planejar construções, entre egípcios e babilônios (ROONEY,

¹ Adota-se neste trabalho o termo "Educação Matemática" (com letra maiúscula) como sendo um ramo da Educação que busca métodos mais eficientes para o ensino de Matemática (D'AMBROSIO, 1996). O termo "educação matemática" (com letras minúsculas), é adotado como uma forma de se adjetivar a educação, relacionando-a especificamente ao aprendizado de conceitos matemáticos.

² O termo Matemática (com letra maiúscula) é adotado neste trabalho como sendo a "ciência que estuda objetos abstratos (números, figuras e funções) e as reações existentes entre eles", segundo o Minidicionário Houaiss da Língua Portuguesa (2010, p.509). O termo matemática (com letra minúscula) é adotado como um adjetivo de elementos relacionados à Matemática.

2012, p.74). O tratado *De Architectura* (séc. I a.C.), do arquiteto romano Vitruvius, considerado por Brolezzi como um "interlocutor obrigatório da tratadística arquitetônica" e um elo permanente entre a história da arte ocidental e o patrimônio antigo, apresenta em seu conteúdo uma forte relação entre Arquitetura e Matemática (BROLEZZI, 2007 apud VITRUVIUS, 2007, p.25).

A figura 1 mostra um monumento arquitetônico repleto de relações matemáticas: a ponte Juscelino Kubitschek, que fica em Brasília - DF. A ponte é constituída por três arcos principais, em formato aparentemente parabólico. Os arcos carregam um tabuleiro de forma curva, através de tirantes retos. O tabuleiro é também apoiado por peças de formato aparentemente trapezoidal, que entram na superfície da água. A arquitetura de cada peça está diretamente relacionada a formas matemáticas e todo o conjunto reflete um equilíbrio perfeito entre formas e funções, no sentido de resultar em uma construção estável, segura e esteticamente agradável.



Figura 1: Ponte Juscelino Kubitschek, em Brasília - DF. Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ponte_JK_-_Bras%C3%ADlia.jpg. Licença: xenia antunes, CC BY 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>>, via Wikimedia Commons.

Construções são desenvolvidas com projetos de diversos tipos que se relacionam entre si e são atendidos simultaneamente no seu avanço. Entre esses projetos, o arquitetônico destaca-se como aquele que se responsabiliza pelo aspecto visual das construções, pela definição de linhas, proporções, texturas, cores, enfim, pelas suas composições visuais. A Arquitetura constitui assim a linguagem visual das construções e é responsável pela criação da identidade de cada uma delas.

A forma é um importante elemento arquitetônico. De acordo com Ching e Eckler, "a arquitetura pode ser entendida como uma relação entre cheios e vazios". A forma é considerada a presença física definida por uma edificação, um elemento que "se refere ao caráter físico da arquitetura", capaz de direcionar maneiras de ocupação para o espaço. O conhecimento da forma afeta o modo como os arquitetos pensam um projeto e a configuração relativa de linhas e contornos que a delimitam é essencial à sua aparência (CHING; ECKLER, 2013, p.52). Vitruvius escreveu o Tratado de Arquitetura no século I a. C., no qual foi visionário na apresentação de diversos conceitos arquitetônicos respeitados até os dias de hoje.

O autor diz que “a arquitetura consta de: ordenação (...); disposição (...); eúritmia; comensurabilidade, decoro e distribuição”. A conceituação da Arquitetura assim apresentada envolve diferentes elementos da forma, como a disposição e a distribuição equilibrada de suas partes, a proporção e a harmonia, entre outros. Vitruvius também impõe à Arquitetura a necessidade de se seguir o princípio da beleza, capaz de ser atingido “quando o aspecto da obra for agradável e elegante e as medidas das partes corresponderem a uma equilibrada lógica de comensurabilidade” (VITRUVIUS, 2007), mostrando uma relação clara entre a forma e a beleza arquitetônica.

Le Corbusier diz que “a geometria é a linguagem do homem”, defendendo que “eixos, círculos, ângulos retos são as verdades da geometria” (CORBUSIER *apud* UNWIN, 2013). Outro respeitado teórico da Arquitetura, Leon Alberti, ao falar sobre os alinhamentos da geometria diz que o seu objetivo é “encontrar a maneira correta e infalível de unir e encaixar as linhas e ângulos que definem e fecham as superfícies da edificação”. Ele apresenta os alinhamentos como responsáveis por atribuir uma “ordem graciosa para edifícios inteiros e para cada uma de suas partes constituintes” (ALBERTI *apud* UNWIN, 2013). Alberti explica que a geometria ideal é responsável pela perfeição arquitetônica e pode ser composta por elementos estudados em aulas de matemática básica, como a reta, o círculo, o quadrado, o triângulo, e também por curvas cujas superfícies são geradas por fórmulas matemáticas. Unwin defende o seu uso como capaz de resultar em uma harmonia satisfatória à mente humana, dizendo que “há algo certo, imutável (...) e reconfortante no círculo e no quadrado. Eles são confiáveis.” (UNWIN, 2013) A geometria ideal, assim, é considerada como um caminho adequado para se conseguir formas esteticamente bem resolvidas e por isso ela é atraente para ser explorada pela Arquitetura.

A geometria é matemática. E a Matemática, por mais abstrata que possa parecer, tem formas. Essas formas estão ao nosso redor, em todos os lugares. Omar Khayyam, um matemático persa da Idade Média que usava a geometria como uma ferramenta para demonstrar resultados algébricos, enxergava na álgebra muito mais do que números, o que fica claro na sua fala: “Quem achar que a álgebra é um truque para obter os valores de incógnitas está pensando em vão. Não se deve prender a atenção ao fato de que a álgebra e a geometria são diferentes na aparência. Álgebra são fatos geométricos que são provados.” (KHAYYAM *apud* ROONEY, 2012). Funções e equações podem então ser vistas como mais do que caminhos para a descoberta de valores, porque elas têm formas e essas formas fazem parte da nossa realidade. Isso nos motiva a estudar a geometria a partir da álgebra ou vice-versa. Nesse sentido, são importantes as descobertas de Descartes (1596-1650), relatadas por Rooney, que criou o sistema cartesiano, propondo que dois eixos transversais em um plano poderiam ser usados para a representação de pontos por coordenadas (ROONEY, 2012). Isso possibilitaria o seu uso como guias de medidas para o traçado de gráficos a partir de equações. Hoje sabemos que é possível se representar qualquer forma bidimensional a partir da atribuição de coordenadas a seus vértices.

A representação de formas em sistemas de coordenadas é a essência deste trabalho devido à importância da forma como elemento arquitetônico. O caminho adotado para esse estudo foi a criação de formas a partir de funções matemáticas, como estímulo para se aumentar a percepção da relação entre Arquitetura e Matemática e na tentativa de se obter um caminho não subjetivo de se conquistar a beleza

arquitetônica. Assim, seguimos o pensamento de Ching, que ao falar sobre o desenho arquitetônico explica que o processo analítico de desenho é construído baseado na geometria e isso pode facilitar a organização de suas partes. O domínio do desenho de formas geométricas simples é considerado por ele como fundamental para se desenhar uma variedade de composições derivadas, pois a compreensão da natureza volumétrica de uma forma pode possibilitar que ela seja manipulada por diferentes pontos de vista (CHING, 2012).

A relação histórica entre Matemática e Arquitetura evidencia uma interdependência entre as duas áreas que sempre existiu. Abordagens mais contemporâneas sobre a Arquitetura também fazem essa relação. Ching e Eckler falam da necessidade de projetos arquitetônicos avançarem e retrocederem continuamente, em função da compreensão técnica de como uma edificação é construída (CHING; ECKLER, 2013, p.9). Unwin fala da geometria como uma força que condiciona as edificações, e não exatamente um poder da Arquitetura, uma vez que essa força está latente nos materiais de construção, em sua própria forma e na maneira pela qual eles são reunidos (UNWIN, 2013, p.143).

Apesar de diferentes estudos mostrarem uma relação recíproca entre Arquitetura e Matemática, percebe-se que essa conexão parece não ser suficientemente forte para evitar problemas de aprendizagem relacionados ao uso de ferramentas matemáticas por estudantes de Arquitetura e Urbanismo. A história da Educação Matemática no mundo pode colaborar com a compreensão desse fenômeno, ao nos permitir o entendimento de que a Matemática se desenvolveu diretamente relacionada a necessidades impostas por contextos sociais, tendo passado por diversos altos e baixos em relação à sua valorização pela sociedade, conforme exposto por Miorin (MIORIN, 1998). A autora contextualiza associações da disciplina com uma ciência nobre e relata uma grande oscilação na visão da importância de estudos da Matemática ao longo do seu desenvolvimento. Miorin explica fatos históricos que podem justificar possíveis visões negativas da Matemática observadas nos dias de hoje, tais como as que a enxergam como uma ciência possível de ser compreendida por poucas pessoas e que essas pessoas seriam consideradas por alguns como superiores. A autora defende que o conhecimento desses fatos pode não somente oferecer elementos substanciais para a análise da situação atual da Educação Matemática, como orientar novas propostas pedagógicas.

A importância de atividades técnicas e/ou tecnológicas no planejamento e desenvolvimento de cidades é inquestionável e assim também o é a formação acadêmica dos profissionais nelas envolvidos. A construção civil, área estratégica para o desenvolvimento sustentado do país e que engloba a atuação de diferentes profissionais, foi o setor que mais gerou novos postos de trabalho registrados no Brasil³ em 2020. Além disso, em um levantamento sobre a atuação de arquitetos e urbanistas junto à Agenda 2030, o Instituto de Arquitetos do Brasil selecionou exemplares de diferentes projetos arquitetônicos⁴ que juntos foram vinculados a todos os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela ONU. Percebe-se, assim, a diversidade da Arquitetura e sua capacidade de atuar em busca de cidades mais sustentáveis.

³ Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-gerou-mais-postos-de-trabalho-formais-no-pais-em-2020/>. Acesso em 27 de Setembro de 2021.

⁴ Disponível em: https://www.iabsp.org.br/guia_iab_agenda_2030.pdf. Acesso em 27 de Setembro de 2021.

A relevância da atuação de profissionais de AU e as possibilidades do seu envolvimento em projetos complexos e de alto valor econômico e social apontam para a conveniência da qualidade de sua formação técnica. A união desta visão com a melhoria da educação matemática de estudantes de graduação dessa área possivelmente pode servir como guia para a busca por caminhos mais significativos de ensino, que permitam melhorar a formação técnica de estudantes de graduação e aumentem as possibilidades de sua atuação profissional coerente no enfrentamento de problemas das cidades. Nesse sentido, o presente trabalho pauta-se na visão de D'Ambrosio sobre o ensino, quando o autor afirma que:

Devidamente revitalizada, a matemática (...) continuará sendo o mais importante instrumento intelectual para explicar, entender e inovar, auxiliando principalmente na solução de problemas maiores que estão afetando a humanidade. Será necessário, sem dúvida, reabrir a questão dos fundamentos, evidentemente um ponto vulnerável da matemática atual (D'AMBROSIO, 2013, p.71).

Este trabalho foi desenvolvido acreditando-se no potencial da Matemática como uma ferramenta capaz de guiar pensamentos e ações de estudantes de Arquitetura e Urbanismo. Com base em investigações como as de Masola e Allevalo sobre formas de se combater as dificuldades de aprendizagem matemática de alunos de cursos de graduação (MASOLA; ALLEVATO, 2016), serão adotadas demonstrações e atividades que fazem uso de diferentes tecnologias de informação e comunicação (TICs). Trabalhos distintos servem como apoio para essa escolha, sugerindo ao ensino atual metodologias mais modernas do que modelos tradicionais de ensino. Borba defende que somos parte de um momento histórico no qual as tecnologias são participantes da educação como marcas do nosso tempo, possivelmente capazes de adotar a internet como salas de aula, em vez de salas físicas (BORBA et al, 2015). Vieira Pinto (VIEIRA PINTO *apud* VELOSO, 2008, p.9) e Veloso (VELOSO, 2008, p.8) mostram aspectos relevantes para se enxergar a realidade da aplicação de TICs na educação, ao considerar a tecnologia como um instrumento facilitador de ações, mas que não tira do homem a responsabilidade de ser o sujeito ativo do processo de transformação. A presença das TICs é favorável como forma de agregar valor e potencializar processos de ensino e aprendizagem, sem eliminar ou reduzir a responsabilidade de raciocínio dos seus usuários. Nesse sentido, Santos considera que as TICs podem ser uma ferramenta de suporte para descobertas estudantis, agregada à prática pedagógica do docente como mediador da aprendizagem (SANTOS, 2018, p.56). A autora comenta sobre como essas tecnologias estão mudando o papel da escola, em função de acompanhar a realidade de estudantes que já nasceram em um contexto digital:

(...) a escola muda, acompanhando esses novos usuários – seus alunos – que muitas vezes são os atores que impulsionam e dinamizam a presença das TICs na escola. Além disso, cabe à escola o papel de acompanhar esse desenvolvimento tecnológico e suas implicações para o contexto escolar, pois esta é responsável por sistematizar as ações de ensinar e de aprender, e não pode estar alheia ao contexto de seus estudantes (SANTOS, 2018, p.56).

As considerações de Santos se referem a estudantes nascidos depois de 1990 e considerados parte de uma geração digital. Nesse grupo, encaixa-se a maioria dos estudantes universitários da atualidade. Leite afirma que “a formação profissional do arquiteto requer um conjunto integrado de ações didático-pedagógicas capazes de prover as habilidades e competências necessárias ao cumprimento de suas

atribuições profissionais” (LEITE, 2005, p.24). A autora explica que o aluno de Arquitetura costuma enxergar algumas disciplinas de forma negativa, assim como desconhece o desempenho de cada material adotado nos projetos. Diz também, que de um ponto de vista de análises curriculares de alguns cursos existentes no país, conserva-se

a mesma postura pedagógica tradicional, centrada na transmissão do conhecimento acabado, em um ensino descritivo [...], no qual o domínio tecnológico parece ser entendido como a capacidade de apreender e memorizar um receituário de soluções por aplicar (LEITE, 2005, p.34).

Na opinião de Leite, uma questão relevante à perda significativa de desempenho na formação tecnológica de arquitetos é a adoção de práticas pedagógicas conservadoras, baseadas na reprodução do conhecimento pronto e acabado, com aulas predominantemente teórico-conceituais e recursos de avaliação tradicionais.

No estudo de práticas pedagógicas para o século XXI, Lira expõe que no século em que vivemos, o conhecimento deve ser construído de forma coletiva e dinâmica, fazendo alunos e professores serem parceiros na construção do saber. Em sua visão, o professor deve ser um mediador de informações, dando sentido a elas, em vez de transmiti-las prontas:

Ao professor, nesse contexto, é atribuída a função de criar as condições mais favoráveis à aprendizagem do aluno. O ensino, assim, adquire uma nova conotação, buscando um semblante bem mais leve e ameno, deixando de ser, apenas, uma mera transmissão de conhecimentos “verdadeiros e prontos” (LIRA, 2016, p.16).

Lira diz que em pleno século XXI, o professor deve atualizar-se com novas didáticas. As chamadas Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação (NTICs) surgem como facilitadoras de aprendizagem. Entre elas, o computador, que pode oferecer grande ajuda na aprendizagem, porém sem nunca poder substituir a mediação do professor – se uma das finalidades da educação é a humanização do homem, isso não pode acontecer somente com máquinas. Ainda assim, o autor defende que os modelos de ensino da escola tradicional não são totalmente ultrapassados, podendo ser mesclados com as teorias dos dias de hoje, desde que respeitando as necessidades dos alunos e a dinâmica da aula e do assunto tratado. O professor deve ter atitude e postura profissionais, planejando e avaliando constantemente. Além disso, ele é um parceiro da interdisciplinaridade e deve procurar inter-relacionar saberes, articulando-os em vez de dominá-los. Ao aluno é oferecida uma aprendizagem múltipla e diversificada, que permanece sempre inacabada, devendo ser por ele complementada (LIRA, 2016).

Com relação ao ensino da Arquitetura, especificamente, Saramago diz que se houver deficiências no seu processo educativo, isso pode comprometer os profissionais na prática da profissão. Sua pesquisa considera que existe uma conexão estreita entre o processo de formação e a atuação profissional do arquiteto, defendendo que as reflexões desenvolvidas durante a graduação contribuem para o desempenho futuro de um profissional. Ao analisar aspectos didáticos e metodológicos de cursos de arquitetura no país, a autora expõe sobre a possibilidade de ter ocorrido uma ruptura entre dois aspectos

do fazer arquitetônico: arte e técnica, o que originou um modelo de educação inadequado, por ser muito fragmentado (SARAMAGO, 2011).

Diversos autores têm mostrado, através de seus trabalhos, que o ensino de Arquitetura pode ser bastante melhorado com práticas que se diferenciam das aulas tradicionais. Novas práticas pedagógicas, focadas no usuário, são sugeridas com o objetivo de facilitar o ensino, tentando-se sair do formato expositivo e oferecer uma experiência visual, e às vezes sensorial, aos seus usuários, com uma preocupação clara de se oferecer a compreensão mais aprofundada dos conceitos mostrados.

3. Apresentação da aula

O presente trabalho, proposto para ser uma “aula inédita”, segue a ideia de oferecer uma nova prática pedagógica a docentes de disciplinas que envolvem uma visão às vezes analítica de construções, em cursos de Arquitetura e Urbanismo, preocupados com o real aprendizado de discentes. Os discentes serão o seu público-alvo e os docentes são os profissionais necessários ao direcionamento das diversas atividades aqui propostas.

A aula é composta por um conjunto de quatro encontros e visa trabalhar a forma arquitetônica a partir de relações e/ou funções matemáticas, envolvendo **funções do 1º grau, funções do 2º grau, funções trigonométricas, funções exponenciais e funções logarítmicas**. O estudante será incentivado a entender, reproduzir e construir formas a partir de atividades manuais e recursos digitais. Como ferramentas de apoio, serão usados papel milimetrado, planilhas eletrônicas, recursos prontos do aplicativo Geogebra e o software GrafEq. Os quatro encontros permitem uma compreensão gradativa do uso de funções matemáticas relacionadas à forma arquitetônicas. Sua integração a diferentes ferramentas de tecnologias de informação e comunicação também foi estabelecida de maneira gradativa - as exposições iniciam com atividades manuais relacionadas às funções matemáticas, passando para atividades com planilhas eletrônicas, seguidas do uso de recursos prontos do aplicativo Geogebra e finalizando com construções usando-se o software GraEq. O conjunto de aulas apresenta um roteiro para ser seguido a cada encontro, acompanhado de exercícios resolvidos e exercícios propostos. São também apresentados materiais complementares a respeito da fundamentação matemática dos assuntos tratados. Os encontros terão atividades e objetivos diferentes e serão programados da seguinte maneira:

3.1: Encontro 01: envolve a apresentação do tema do conjunto de aulas, a conceituação de funções, atividades com funções do primeiro e do segundo grau e da sua relação com formas arquitetônicas. Pretende-se com esse encontro se resgatar o conceito de funções e da construção manual de gráficos a partir de funções e mostrar, a partir de exemplos e exercícios, a forte relação existente entre formas arquitetônicas e funções matemáticas.

Inicialmente, é apresentado um exemplo resolvido que mostra uma abordagem de formas arquitetônicas a partir de funções matemáticas. A figura 2 mostra a construção escolhida para o desenvolvimento desse exemplo. A criação de um plano cartesiano x, y sobre a imagem possibilita que as figuras geométricas 1, 2, 3 e 4 sejam desenhadas e analisadas a partir de relações e/ou funções matemáticas e, em seguida, pintadas. A análise começa pela definição de linhas, para depois partir para o estudo de formas.

Em seguida, é proposto um exercício para ser realizado em duplas, sobre a mesma construção, visando a exploração de novas formas. A figura 3 mostra aos participantes as formas 5, 6, 7 e 8 e propõe que elas sejam descritas matematicamente a partir de linhas estabelecidas em relação ao plano cartesiano x, y , com a definição de seus pontos de início e fim (x_0, y_0, x, y) . Além disso, deve-se definir parâmetros matemáticos para que essas formas sejam pintadas.

Na sequência, são apresentadas algumas funções do primeiro e do segundo grau e o traçado de seus respectivos gráficos, mostrando o que acontece quando se varia diferentes parâmetros de diferentes funções. A figura 4 mostra exemplos das funções analisadas.

Como finalização do encontro 01, é proposta uma atividade individual de construção manual de gráficos de funções do primeiro e do segundo grau, sobre papel milimetrado, e de definição de parâmetros geométricos para possíveis pinturas de áreas delimitadas por esses gráficos.

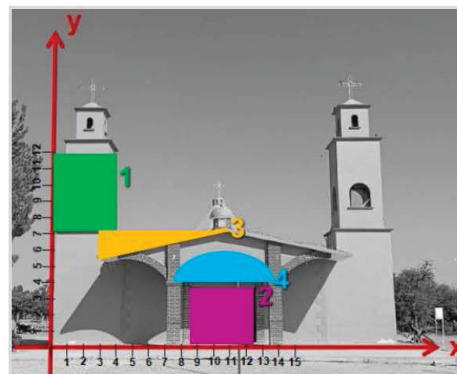


Figura 2: identificação das formas geométricas analisadas em exercício resolvido. Fonte: adaptado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_Colorada_\(Dolores_Hidalgo,_Guanajuato\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_Colorada_(Dolores_Hidalgo,_Guanajuato).jpg)

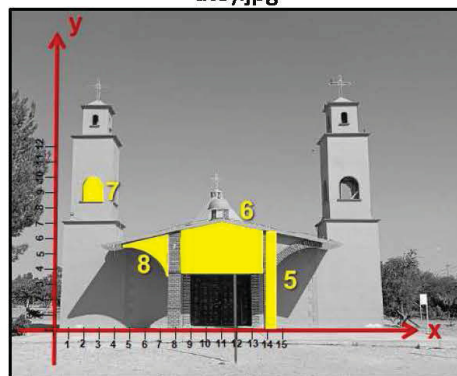


Figura 3: exercício proposto no encontro 01. Fonte: adaptado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_Colorada_\(Dolores_Hidalgo,_Guanajuato\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_Colorada_(Dolores_Hidalgo,_Guanajuato).jpg)

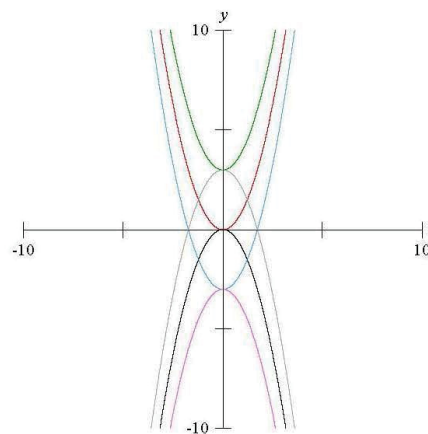


Figura 4: gráfico sobreposto das funções do segundo grau $y=x^2$ (em vermelho), $y=x^2+3$ (em verde), $y=x^2-3$ (em azul), $y=x^2$ (em preto), $y=-x^2+3$ (em cinza), $y=-x^2-3$ (em rosa), analisadas no encontro 01, criado pela autora com o software GrafEq.

Como trabalho domiciliar relativo ao Encontro 01, é sugerida uma atividade que busca relacionar a geometria de rampas existentes na construção civil com funções matemáticas. Como material complementar ao mesmo encontro, são mostrados recursos digitais que possibilitam o aprofundamento de conceitos e a realização de exercícios sobre funções do primeiro e do segundo grau e sobre a construção dos seus gráficos.

3.2: Encontro 02: envolve a apresentação do círculo trigonométrico e das funções seno, cosseno e tangente, a construção de gráficos com o uso de planilhas eletrônicas e a análise de formas arquitetônicas relacionadas a funções trigonométricas. Pretende-se com esse encontro se resgatar o conhecimento de funções trigonométricas e se apresentar aos estudantes a possibilidade de se usar planilhas eletrônicas para a análise de funções e estudos de variações de formas arquitetônicas.

O encontro começa com uma breve apresentação sobre o círculo trigonométrico e suas principais funções. Pretende-se, assim, oferecer uma base para os participantes poderem desenvolver a primeira atividade programada para esta aula, que é a construção de um círculo trigonométrico em papel milimetrado, e a análise diversos ângulos diferentes dentro do círculo. Com isso, passa-se para uma segunda atividade, abordando mais especificamente as funções seno e cosseno. Em um exercício resolvido, será preenchida uma planilha eletrônica que permitirá a construção de gráficos dessas funções. Parte-se, então, para uma busca da aplicação dessas funções na Arquitetura, conforme mostram as figuras 5 e 6. Na sequência, é apresentada uma análise de diferentes funções seno em planilha eletrônica, buscando-se relacionar a sua forma com formas arquitetônicas. A figura 7 mostra os gráficos resultantes dessa atividade. Esse gráfico é em seguida explorado, buscando mostrar a relação de suas formas com formas arquitetônicas presentes em fachadas de edificações.



Figura 5: função seno em cobertura.
Fonte: adaptado de <http://arquitetando.nanet.blogspot.com/2017/12/casa-com-cobertura-ondulada.html>



Figura 6: função seno em cobertura.
Fonte: adaptado de: <http://arquitetando.nanet.blogspot.com/2017/12/casa-com-cobertura-ondulada.html>

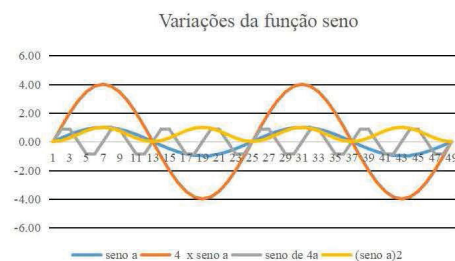


Figura 7: gráfico de variações de formas da função seno, gerado em planilha eletrônica.

Como finalização do Encontro 02, é proposta uma atividade individual de análise e desenho manual e via planilha eletrônica da função tangente, visando comparações entre os resultados e análise de diferentes ângulos atribuídos a uma mesma função.

Como trabalho domiciliar relativo ao Encontro 02, é proposta uma atividade de pesquisa que identifique no desenho de fachada de edificações aplicações diferentes de funções do 1º e do 2º graus, e de funções trigonométricas. Como material complementar ao mesmo encontro, são mostrados recursos digitais que possibilitam o aprofundamento de conceitos e a realização de exercícios sobre funções trigonométricas e outras.

3.3: Encontro 03: envolve a apresentação das funções exponencial e logarítmica, a construção de gráficos com recursos prontos do aplicativo Geogebra e a análise de formas arquitetônicas. Pretende-se com esse encontro se analisar diferentes recursos digitais para o estudo da forma arquitetônica a partir de funções matemáticas.

O Encontro 03 começa com a apresentação de um vídeo recordando conceitos relacionados às funções exponencial e logarítmica. Em seguida, é desenvolvido um exemplo de análise via planilha eletrônica da função $y = 2^x$, com o desenho e a análise do seu gráfico. Posteriormente, são mostradas algumas aplicações possíveis de funções exponenciais nas construções e é abordada a função logarítmica, comparada com a função exponencial. As figuras 8 a 10 mostram o resultado desse exemplo.

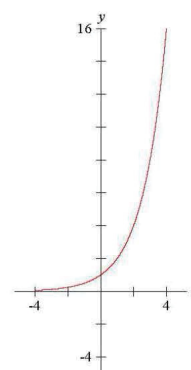


Figura 8: gráfico da função $y = 2^x$, com x variando unitariamente de 0 a 3, criado com o software GrafEq



Figura 9: monumento em frente à Catedral de Brasília reproduzindo funções logarítmicas.

Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Catedral de Bras%C3%ADlia - DSC00266.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Catedral_de_Bras%C3%ADlia_-_DSC00266.JPG).
Licença: Daderot, CCO, via Wikimedia Commons.

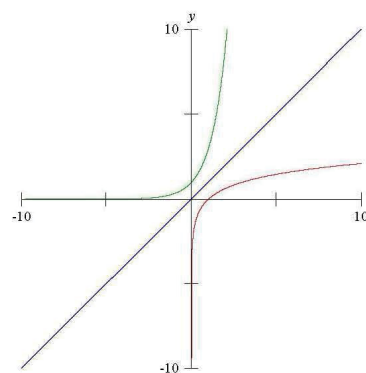


Figura 10: gráficos das funções $y = 3^x$, $y = \log_3 x$ e $y = x$, criados pela autora com o software GrafEq.

Na sequência, são propostas diferentes atividades, individuais e em duplas, para a construção e análise de gráficos funções exponenciais e logarítmicas, as quais encerrarão as atividades do encontro. Como trabalho domiciliar, é proposta uma a pesquisa junto ao Geogebra, em busca de recursos que permitam o desenho de funções logarítmicas e/ou exponenciais e a reprodução, a partir deles, de curvas que aparecem na construção civil.

3.4 Encontro 04: envolve a apresentação do software GrafEq, a demonstração de exemplo resolvido de criação de imagens com esse software e a proposição de atividades. Pretende-se com esse encontro permitir ao estudante a criação de formas arquitetônicas a partir de funções matemáticas, a partir do uso de uma ferramenta digital com alto potencial lúdico e didático.

Inicialmente, é feita a apresentação do software e do seu potencial para a criação de desenhos a partir de funções matemáticas. São mostradas diversas composições visuais já desenvolvidas a partir desse software. Na sequência, é apresentada, passo a passo, a construção de uma imagem denominada “Cena de Natal no MASP”, criada a partir da reprodução de uma fotografia do monumento arquitetônico. A atividade propõe a reprodução da edificação e a inserção de outros elementos visuais sobre a mesma imagem, envolvendo desenhos criados a partir de diferentes funções matemáticas. A construção é feita detalhadamente, de forma a possibilitar aos participantes a criação simultânea de uma imagem similar. As figuras 11 e 12 mostram respectivamente a fotografia de referência usada para a criação dos desenhos e o resultado da construção da imagem.

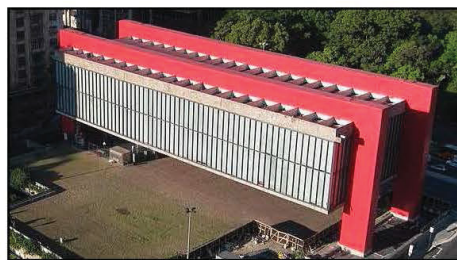


Figura 11 - fotografia do MASP.

Fonte: Benjamin Thompson from Orlando, FL, USA, CC BY-SA 2.0. Fonte:

[https://commons.](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MASP_3.jpg)

[wikimedia.org/wiki/File:MASP_3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MASP_3.jpg).

Licença: Benjamin Thompson from Orlando, FL, USA, CC BY-SA 2.0

<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>,

via Wikimedia Commons.

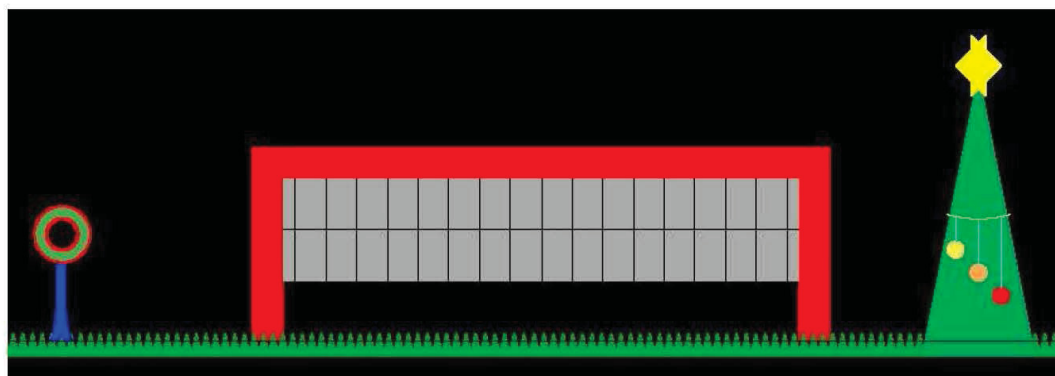


Figura 12 - Ilustração intitulada “Cena de Natal no MASP”, criada com o software GrafEq pela autora.

Como trabalho domiciliar do Encontro 04 é proposta a atividade individual da criação de duas composições visuais via software GrafEq. A primeira composição deve reproduzir um monumento arquitetônico e criar, ao seu redor, outros elementos visuais com o tema “o monumento e seu jardim”, usando pelo menos uma função do primeiro grau, uma parábola, uma circunferência, uma função seno ou uma função cosseno, uma função exponencial ou uma função logarítmica. À segunda composição é apresentado o desafio da criação de um espelho da imagem criada na composição anterior, feito totalmente com o software Grafeq, assim como a ilustração mostrada na figura 13, que reproduz a ilustração da figura 12 de forma espelhada. Como material complementar à aula, são apresentados recursos variados em textos e vídeos, sobre diferentes trabalhos desenvolvidos a partir do software GrafEq.

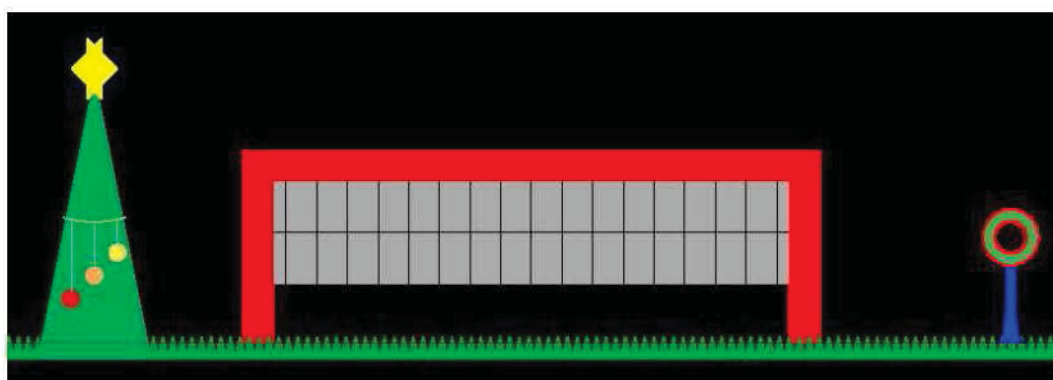


Figura 13 - ilustração espelhada da imagem intitulada “Cena de Natal no MASP”, criada com o software GrafEq pela autora.

4. Considerações finais

A experiência de montagem desse conjunto de aulas, identificado como “aula inédita”, mostrou a possibilidade de se abordar as formas arquitetônicas sob um novo olhar e de se oferecer aos estudantes envolvidos uma nova compreensão sobre relações e/ou funções matemáticas, mais contextualizada a assuntos de sua formação acadêmica. O desenvolvimento deste material nos surpreendeu quanto às possibilidades de exploração do software GrafEq junto a estudantes de Arquitetura e Urbanismo e nos mostrou possibilidades diversas de atividades a serem desenvolvidas no sentido de se explorar formas arquitetônicas a partir de relações matemáticas. A chamada “aula inédita”, aqui registrada, precisa ainda ser implementada para se verificar sua eficácia e para que melhorias possam ser aplicadas no seu desenvolvimento. Contudo, acredita-se no seu potencial de envolver docentes e discentes em uma forma diferenciada de ensino e de motivar discentes a ver a Matemática por um novo ângulo, mais relacionado à estética da forma, que é normalmente bastante valorizada por eles. Acredita-se, também, que esse trabalho pode ser aprofundado e que o conjunto de aulas possa, eventualmente, ser transformado em uma disciplina optativa a ser oferecida em cursos de Arquitetura e Urbanismo, como ferramenta capaz de aumentar a habilidade de estudantes de graduação no uso de operações matemáticas em sua vida acadêmica e profissional.

5. Referências Bibliográficas

- BROLEZZI, Renato. Prefácio. In: VITRUVIUS, Pollio. **Tratado de arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- BORBA, M. C. *et al.* **Fases das tecnologias digitais em educação matemática**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2015.
- CHING, Francis D. K. **Desenho para arquitetos** [recurso eletrônico]. 2. ed. Porto Alegre : Bookman, 2012.
- CHING, FRANCIS D. K., ECKLER, JAMES F. **Introdução à arquitetura**. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2013.
- D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação matemática: da teoria à prática**. 16. ed. Campinas: Papyrus, 1996.
- D'AMBROSIO, Ubiratan. **Etnomatemática – elo entre as tradições e a modernidade**. 5. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2013.
- LEITE, M. A. D. F. A. **A aprendizagem tecnológica do arquiteto**. 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- LIRA, Bruno Carneiro. **Práticas pedagógicas para o século XXI: a sociointeração digital e o humanismo ético**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2016.
- MASOLA, W. J.; ALLEVATO, N. S. G. **Dificuldades de aprendizagem matemática de alunos ingressantes na educação superior**. REBES - Rev. Brasileira de Ensino Superior, n. 2, p. 64-74, jan.-mar. 2016.
- **Minidicionário Houaiss da língua portuguesa**. 4. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2010.
- MIORIN, Maria Angela. **Introdução à história da educação matemática**. São Paulo: Atual, 1998.
- ROONEY, ANNE. **A História da Matemática: desde a criação das pirâmides até a exploração do infinito**. São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda., 2012.
- SANTOS, Pricila Kohls D. **Tecnologia da informação no ensino de ciências**. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2018.
- SARAMAGO, R.C.P. **Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura no Brasil**. 2011. 436 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011.
- UNWIN, SIMON. **A Análise da Arquitetura**. Disponível em: Minha Biblioteca. 3ª ed. Grupo A, 2013.
- VELOSO, Renato. **Tecnologia da informação e comunicação**. 1ª ed. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Saraiva, 2008.
- VITRUVIUS, Pollio. **Tratado de arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- Software Geogebra. Disponível em: <http://www.geogebra.org>.
- Software Grafeq. Disponível em: <http://www.peda.com/grafeq/>.