ENTAC 2026
XXI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Goiânia, Brasil de 14 a 16 de outubro de 2026

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8528

O algoritmo como suporte à decisão: ferramenta paramétrica para auxiliar o desenho de teatros e o ensino-aprendizagem

The algorithm as decision support: parametric tool for theater design and teaching-learning

Jefferson Freire Ribeiro
UFC - Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | jeffersonfreire@arquitetura.ufc.br
Renan Cid Varela Leite
UFC - Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | renancid@daud.ufc.br

Resumo

O artigo objetiva desenvolver uma ferramenta paramétrica para o projeto de teatros, apoiando projetistas e o processo de ensino-aprendizagem. Busca-se facilitar o desenho da curva de visibilidade e espelhos acústicos. A metodologia é quali-quantitativa baseada na Design Science Research, desenvolvendo e avaliando o artefato em sua interface Rhinoceros-Grasshopper. O algoritmo é organizado em quatro módulos interdependentes (palco, visibilidade, arquibancada e acústica), incorporando normas técnicas e critérios de conforto em lógica programável. Como resultados, a volumetria tridimensional é gerada, dimensiona-se a curva isóptica, mapeiam-se zonas de acuidade visual e realiza-se o pré-dimensionamento de refletores acústicos. A principal contribuição é apoiar a tomada de decisões com feedbacks sobre o desempenho do projeto em tempo real, permitindo explorar soluções consistentes e reforçando o potencial pedagógico da modelagem paramétrica.

Palavras-chave: Modelagem Paramétrica; Projeto de Teatros; Simulação Computacional; Acústica Arquitetônica; Curva de visibilidade.

Abstract

The article aims to develop a parametric tool for theater design, supporting designers and the teaching–learning process. It seeks to facilitate the design of sightline curves and acoustic reflectors. The methodology is quali-quantitative, based on Design Science Research, involving the development and evaluation of the artifact within the Rhinoceros–Grasshopper interface. The algorithm is organized into four interdependent modules (stage, visibility, seating tiers, and acoustics), incorporating technical standards and comfort criteria into a programmable logic. As results, three-dimensional volumetry is generated, the isoptic (sightline) curve is dimensioned, zones of visual acuity are mapped, and the preliminary sizing of acoustic reflectors is carried out. The main contribution is to support decision-making through real-time feedback on project performance, enabling the exploration of consistent solutions and reinforcing the pedagogical potential of parametric modeling.

Keywords: Parametric Modeling; Theater Design; Computational Simulation; Architectural Acoustics; Sightlines.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8528

INTRODUÇÃO

A práxis arquitetônica deve, essencialmente, sintetizar técnica, crítica e plástica em um fluxo contínuo de operações cognitivas. Nesse processo, o arquiteto organiza múltiplos parâmetros, desde funcionais, programáticos, ambientais, técnico-construtivos e econômicos para integrar, da concepção ao desenvolvimento, requisitos fundamentais como forma, materialidade e viabilidade financeira.

Dada a natureza não linear e exploratória do processo projetual, a alta interdependência entre seus eixos faz com que qualquer alteração pontual impacte no todo [1]. Consequentemente, o projetista deve adotar uma visão sistêmica e integradora, capaz de articular um vasto conjunto de requisitos e identificar as relações necessárias para consolidar a solução, evitando conflitos e o retrabalho.

O projeto de espaços de apresentações como teatros, entendidos como edifícios de programa complexo, que vão além de sua função física e ultrapassa a condição de um mero espaço-abrigo de atividades, sendo capaz de materializar, por meio de sua forma, as relações simbólicas entre indivíduo e arte, articulando elementos técnicos, funcionais e simbólicos [2]. Este ambiente prioriza a qualidade sonora e arquitetônica, que influenciam diretamente seu desempenho acústico, permitindo que o som se propague de maneira uniforme, preservando sua forma original [3].

Ademais, a qualidade acústica de teatros depende de diversos fatores, como o tamanho, as caraterísticas e a posição de materiais absorvedores, refletores e difusores, a geometria das paredes, do teto e dos balcões, além da quantidade de pessoas, que formam um corpo único, contribuindo e instigando uma arquitetura voltada para o desempenho acústico facilitando a relação acústica-arquitetura [4].

Alinhando esse conceito de concepção teatral a uma percepção paramétrica da arquitetura, criam-se lógicas, fórmulas e parâmetros que pode ser diretamente aplicados ao projeto, valendo-se de redes de funções baseadas em critérios explícitos, que permitem a alteração de variáveis e a modificação da geometria [5].

É possível, assim, entender o teatro, do ponto de vista paramétrico, como um conjunto de elementos cujas relações geométricas e espaciais são intrinsecamente programáveis a partir de certos limites, condicionantes e especificidades. Isso ocorre porque sua concepção se baseia em variações que devem ser criteriosamente controladas a partir de diretrizes rigorosas, estabelecidas para garantir o conforto dos espectadores, a qualidade do ambiente construído e a plena acessibilidade do espaço. Esses aspectos podem ser atestados em manuais de conforto aplicados a salas de espetáculos, o que possibilita converter tais critérios em lógicas algorítmicas e estruturar modelos paramétricos consistentes.

OBJETIVO

Este artigo objetiva desenvolver e analisar uma ferramenta que auxilie o projetista quanto e o processo de ensino-aprendizagem do projeto arquitetônico de teatros.

Almeja-se facilitar o desenho e consequentes as alterações projetuais, permitindo a maior liberdade e a exploração de variações de um mesmo modelo, bem como a geração procedural de curvas de visibilidade e de espelhos acústicos.

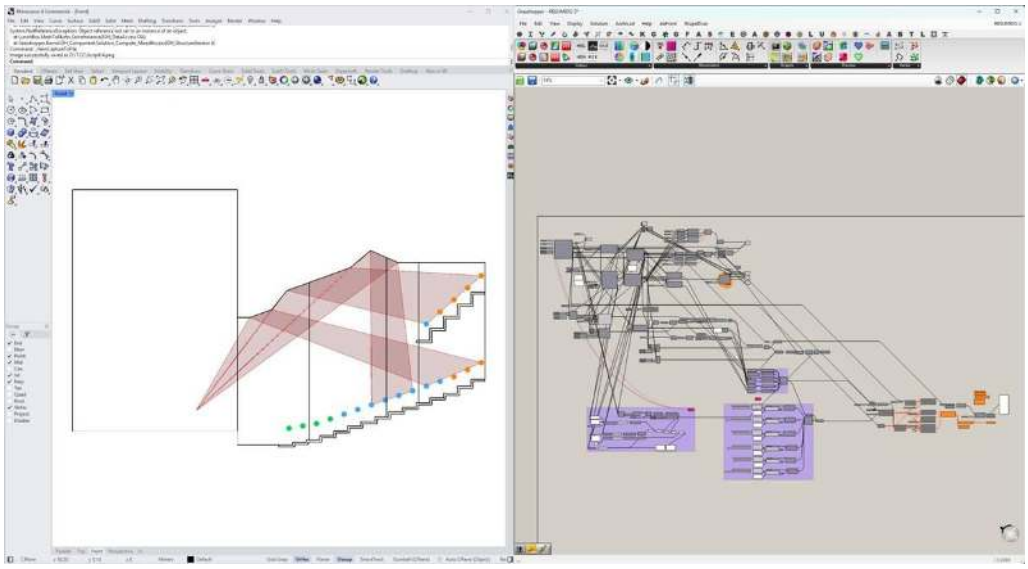
METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem quali-quantitativa, que se vale do rigor matemático e geométrico necessários à parametrização de modelos arquitetônicos de salas de teatro, com o objetivo de auxiliar o processo de tomada de decisão por parte do projetista. Para além de contribuir como ferramenta de apoio ao processo de projeto, serve, também, de base para auxiliar na mediação pedagógica do ensino-aprendizagem em disciplina de acústica arquitetônica.

Enquanto procedimento técnico, a pesquisa alinha-se aos preceitos da Design Science Research ao focar no desenvolvimento, na implementação e na avaliação de um artefato (a ferramenta paramétrica), visando solucionar um problema prático do design arquitetônico.

Propõe-se, assim, a criação de uma ferramenta na IVP (interface visual de programação) do Rhinoceros em trabalho paralelo com aplicação nativa de programação visual através do Grasshopper. Em conjunto é possível gerar um conjunto volumétrico de palco, arquibancada e espelhos, alinhado às curvas de visibilidade que orientam o projeto. O desenvolvimento iniciou-se com o levantamento bibliográfico e análise de manuais técnicos voltados para salas acústicas, teatros, cinemas e auditórios a partir dos quais são extraídos os parâmetros e as regras normativas que regem o modelo. Em seguida, estabelece-se a arquitetura geral do algoritmo, organizada em quatro *clusters* principais: palco, curvas de visibilidade, arquibancada e espelhos. A partir dessa base, desdobram-se novos componentes para o auxílio em tarefas específicas e o refinamento do modelo.

Figura 1: Interface do Grasshopper



Fonte: os autores.

Tomando com base estes *clusters*, gera-se a volumetria geral do teatro, permitindo a extração de dados essenciais para o dimensionamento, como a capacidade de público, a qual grupo de visibilidade ele pertencem, as dimensões dos espelhos da arquibancada e a angulação dos refletores acústicos. O sistema gera automaticamente uma série de alertas e *feedbacks* cruciais para o projetista em tempo real, que servem como elementos de orientação ao processo de projeto e destacam, imediatamente, a qualidade daquilo que é proposto.

Estes avisos englobam o ângulo de inclinação da arquibancada; o mapeamento dos grupos de visibilidade e as distâncias de cada ponto do público ao ponto de foco; a projeção das linhas de visada para o ponto de foco e as linhas do corte do cone visual; alertas se algum ponto de visão estiver sendo bloqueado (por outra pessoa ou pela geometria do balcão); e se a linha de visão do fundo cênico do palco estiver bloqueada. Tais parâmetros são fundamentais para a dinâmica do ensino de aspectos da geometria destes espaços e constituem partes da teoria ministrada em disciplinas de projeto voltadas a espaços deste tipo em cursos de Arquitetura. No módulo acústico, o *feedback* inclui as zonas de emissão e reflexão dos espelhos. Adicionalmente, o modelo possibilita a integração com o método BIM (*Building Information Modelling*), permitindo a exportação da geometria para softwares como o Archicad, essencial, portanto, ao processo de projeto contemporâneo.

PARÂMETROS APLICADOS

A estruturação lógica do algoritmo fundamentou-se em um conjunto de variáveis técnicas e normativas segmentadas em quatro eixos principais: parâmetros gerais e de plateia, limites de visibilidade, dimensionamento de caixa cênica e, por fim, critérios de qualidade acústica. Este último, tratando exclusivamente do projeto de refletores acústicos visando reforçar o som direto para pontos distantes da sala de espetáculos e garantir, assim, a isonomia em termos de qualidade sonora. Como forma de assegurar a precisão geométrica e o desempenho funcional do teatro, estabeleceram-se as seguintes variáveis como dados de entrada (*inputs*):

Quadro 1: Parâmetros Gerais e de Platéia

Elemento	**Parâmetro de Entrada**	**Descrição**
Geral	Lotação Desejada	Número total de assentos (ex: define se o script precisará criar balcões).
Geral	Forma em Planta	Ângulo de abertura das paredes laterais (em leque: 30◦ a 65◦, ou retangular).
Platéia	Espaçamento Longitudinal	Distância encosto a encosto.
Platéia	Largura do Assento	Espaço lateral por pessoa.
Platéia	Limite de Setorização	Máximo de 250 poltronas contíguas por setor.
Platéia	Largura de Corredores	Dimensionados com base no fator de evacuação.

Fonte: [6][7][8]

Quadro 2: Parâmetros de Visibilidade

Elemento	**Parâmetro de Entrada**	**Descrição**

Ponto Crítico	Coordenada Y (Profundidade)	Distância do limite de visão no palco (Padrão: 3,00m da borda do palco).
Ponto Crítico	Coordenada Z (Altura)	Altura do limite de visão (Padrão: 0,50m do piso do palco).
Visada	Altura do Palco	Diferença de nível do palco para a 1a fila.
Visada	Fator de Folga	Distância vertical do olho até o topo da cabeça do espectador à frente.
Ergonomia	Altura dos Olhos	Distância do piso ao olho do espectador sentado .
Ergonomia	Grupo de visibilidade	Dividirá a plateia em quatro grupos, determinados a partir da distância do espectador até a fonte, sendo: grupo 1: expressões faciais; grupo 2: gestos; grupo 3: movimentos corporais mais amplos; e grupo 4: muito distante.
Balcão	Profundidade	Controlado por um rácio para evitar sombra acústica abaixo dele. Regra: Profundidade ≤2× Altura Livre abaixo do balcão (2H).
Balcão	Inclinação do Piso	Máximo de 30◦ .

Fonte: [6][7][8]

Quadro 3: Parâmetros da Caixa Cênica

Elemento	**Parâmetro de Entrada**	**Descrição**
Boca de Cena	Largura (W)	Varia pelo uso: 8-18m
Boca de Cena	Altura (H)	Mínimo ≥6,00m, podendo chegar a 10m.
Palco	Profundidade (D)	Proporção ideal D=W (largura da boca de cena).
Palco (Coxias)	Largura Total da Caixa	Abertura do proscênio + espaço de coxias laterais. Mínimo de Palco + Coxias ≥12,00m.
Urdimento	Altura da Torre Cênica	Parametrizado como função da Altura da Boca de Cena (H). Mínimo de 2.5×H, Ideal de 3×H.

Fonte: [6][7][8]

Quadro 4: Parâmetros Acústica

Elemento	**Parâmetro de Entrada**	**Descrição**
Acústica	Painéis Refletores	Ângulo, inclinação e profundidade de painéis suspensos para direcionamento de som.

Fonte: [6][7][8]

Esse conjunto de variáveis reúne os dados de entrada (*inputs*) fundamentais para a estruturação lógica do algoritmo. A partir dessa base paramétrica primária, estabelecem-se relações de interdependência que dão origem a variáveis secundárias, contudo, essenciais para a desejável automação do processo de desenho e a coesão geométrica entre os diferentes componentes do modelo.

O ALGORITMO

A lógica do *script* tem seu ponto de partida na geração do palco (Figura 2) a partir de suas decisões de dimensionamento. Sua função transcende o desenho tridimensional

da caixa cênica (plataforma, torre de urdidura e coxias), atuando como a base de ancoragem para o restante do modelo. Esse *cluster* extrai e define pontos essenciais para os demais parâmetros, tais como: o ponto focal do espectador, a marcação da primeira fileira, o topo da boca de cena e o foco cênico no fundo do palco.

Figura 2: Esquema de Pontos de Ancoragem e Parâmetros Geratrizes do Módulo Palco.



Fonte: os autores.

Após definir os pontos de ancoragem, aciona-se o *cluster* da curva isóptica, que se divide em duas frentes: arquibancada principal (térreo) e balcões (nível superior). O algoritmo traça o raio visual do olho do espectador até o ponto focal do palco e utiliza esse vetor para garantir a desobstrução visual em relação à fileira anterior, calculando trigonometricamente a altura exata do próximo degrau. Esse processo é repetido fileira a fileira, gerando um perfil escalonado otimizado para visibilidade total do ponto de interesse, com toda essa lógica iterativa esquematizada no fluxograma da Figura 3.

Figura 3: Diagrama de Fluxo do Cálculo Iterativo da Curva Isóptica e Escalonamento da Plateia.



Fonte: os autores.

No dimensionamento de balcões ou mezaninos, o algoritmo herda as premissas da plateia inferior, submetendo-as a duas restrições geométricas cruciais: garantir um pé-direito livre e seguro sob a laje do balcão e impedir que sua extremidade estrutural bloqueie o cone visual da última fileira do térreo em direção ao topo da boca de cena. Cumpridos esses limites de interferência, o sistema recalcula a curva de visibilidade e gera automaticamente o perfil em corte dos níveis superiores, processo detalhado no fluxograma da Figura 4.

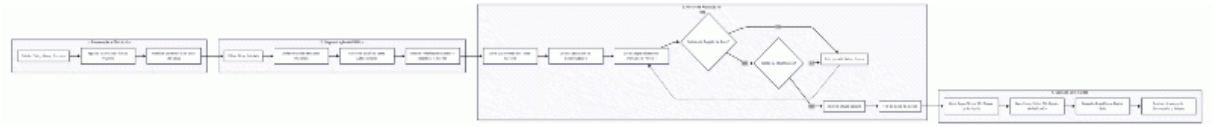
Figura 4: Fluxograma da Geração da Curva Isóptica em Balcões com Restrições de Cone Visual.



Fonte: os autores.

Definido o perfil isóptico, o *cluster* de modelagem da arquibancada esquematizado na Figura 5, gera a volumetria tridimensional das fileiras e mapeia espacialmente os espectadores em quatro zonas de acuidade visual baseadas na distância ao foco: Grupo 1 (expressões faciais), Grupo 2 (gestos), Grupo 3 (movimentos corporais amplos) e Grupo 4 (visão distante). Como a geometria até então era tratada apenas em corte, o sistema introduz a análise em planta baixa. Ao avaliar o cone visual horizontal a partir da boca de cena, o algoritmo subtrai geometricamente as extremidades laterais da plateia, eliminando os assentos que se enquadram como pontos cegos.

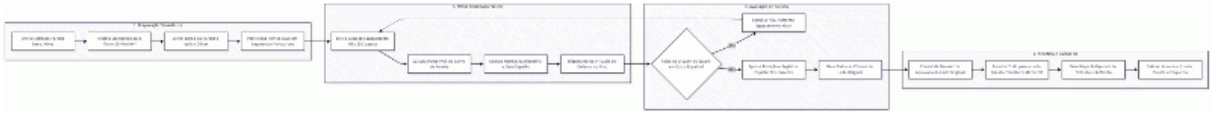
Figura 5: Mapeamento das Zonas de Acuidade Visual (Grupos 1 a 4) e Geração 3D da Arquibancada.



Fonte: os autores.

A geração dos painéis acústicos laterais segue o mesmo princípio de simulação, porém incorpora uma rotina de autocorreção. Se o sistema detecta sobreposição física ou cruzamento de raios sonoros que prejudiquem a clareza acústica, a proposta é descartada. O algoritmo, então, realiza um deslocamento com incremento de 5 cm e reinicia o processamento de forma iterativa até validar a geometria. O diagrama procedimental da Figura 6 detalha o funcionamento deste ciclo de otimização.

Figura 6: Diagrama Procedimental da Rotina de Autocorreção e Otimização de Refletores Acústicos.

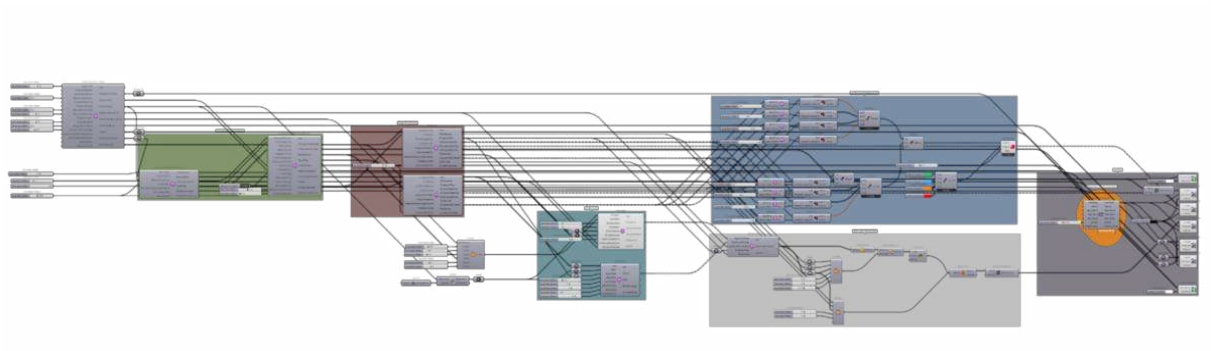


Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos consolidam-se na construção digital de uma ferramenta paramétrica, que se configura como um desdobramento de processos investigativos aplicados à complexidade inerente ao projeto de espaços de espetáculo. Define-se, assim, como um processo baseado no pensamento algorítmico, que permite a expressão de parâmetros responsáveis por estabelecer a relação entre a intenção e a resposta do projeto, possibilitando aos projetistas definir e integrar diferentes variáveis em um único modelo [9][10]. Em que a forma não é dada a priori, mas emerge da síntese entre condicionantes normativas, ergonômicas e de desempenho ambiental, com ênfase em aspectos acústicos.

Figura 7: Conjunto de pilhas no ambiente do Grasshopper com ajustes para a visualização da forma



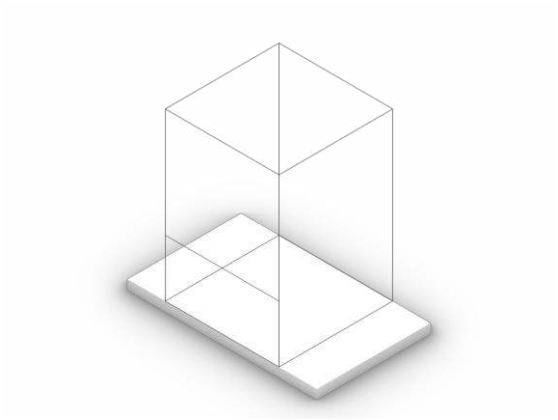
Fonte: os autores.

ARQUITETURA DO SISTEMA

A estrutura do algoritmo se organiza em quatro módulos operacionais interdependentes: palco, visibilidade, arquibancada e acústica, que operam de maneira conjunta para assegurar a coesão técnica do conjunto. A base da lógica se ancora no cluster do palco, que estabelece a gênese do sistema ao definir os marcos

geométricos geratrizes: o ponto focal, o limite do proscênio e a volumetria da caixa cênica. É a partir dele que o algoritmo deriva as coordenadas fundamentais para o escalonamento da plateia.

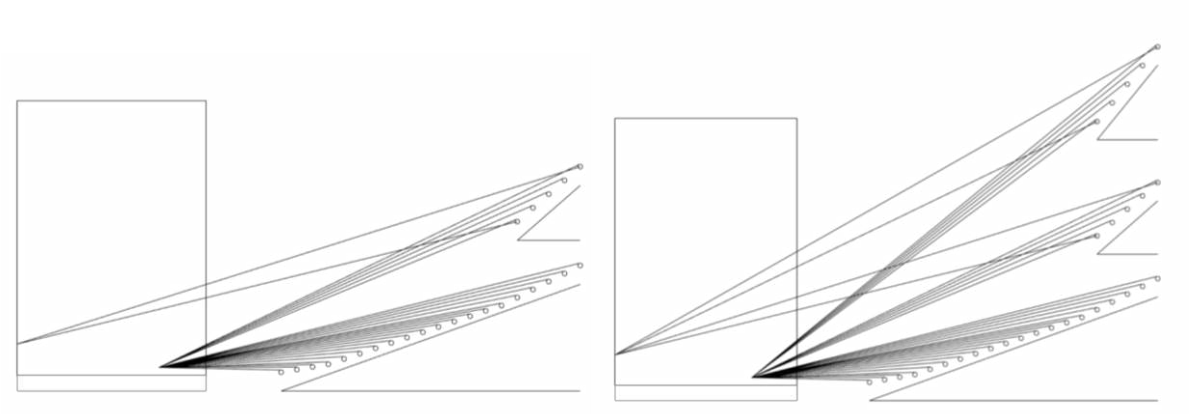
Figura 8: Representação Esquemática do palco gerado



Fonte: os autores

A curva de visibilidade é gerada por um algoritmo iterativo que traça raios de visão para calcular cotas precisas e garantir visibilidade plena. No dimensionamento de balcões, o *script* impõe restrições extras, assegurando o pé-direito livre inferior e a integridade do cone visual até o limite superior da boca de cena. Além disso, o sistema fornece a inclinação de cada setor em tempo real e emite alertas automáticos sobre possíveis obstruções.

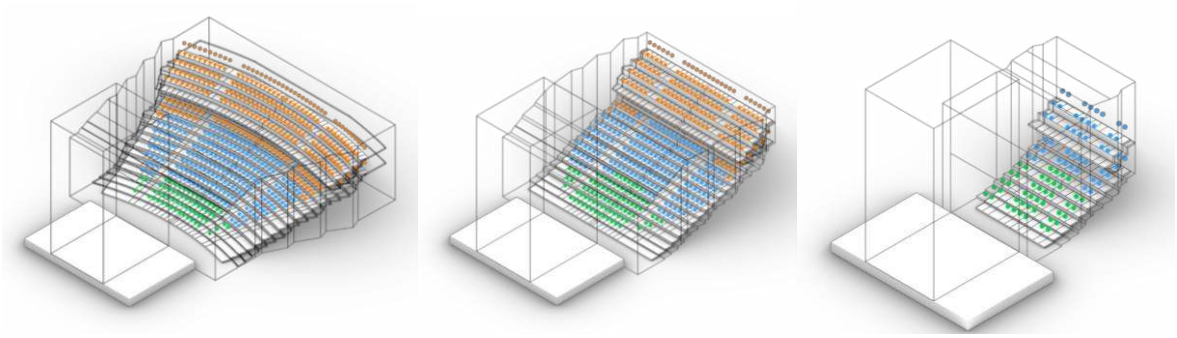
Figura 9: Perfil em corte da curva isóptica gerada automaticamente com um balcão (à esquerda); perfil em corte da curva isóptica gerada automaticamente com dois balcões (à direita)



Fonte: os autores

Definidas as diretrizes em corte, o algoritmo transita para a tridimensionalidade, onde o módulo da arquibancada consolida a volumetria da plateia conforme os níveis de acuidade visual mapeados. Essa fase é crucial por disponibilizar componentes geométricos preparados para simulações de alto desempenho. Ao exportar os dados para o Pachyderm, por exemplo, o sistema garante que a massa volumétrica e os pontos do público funcionem como receptores precisos em modelos de predição acústica, facilitando a interação entre forma e resposta sonora do ambiente.

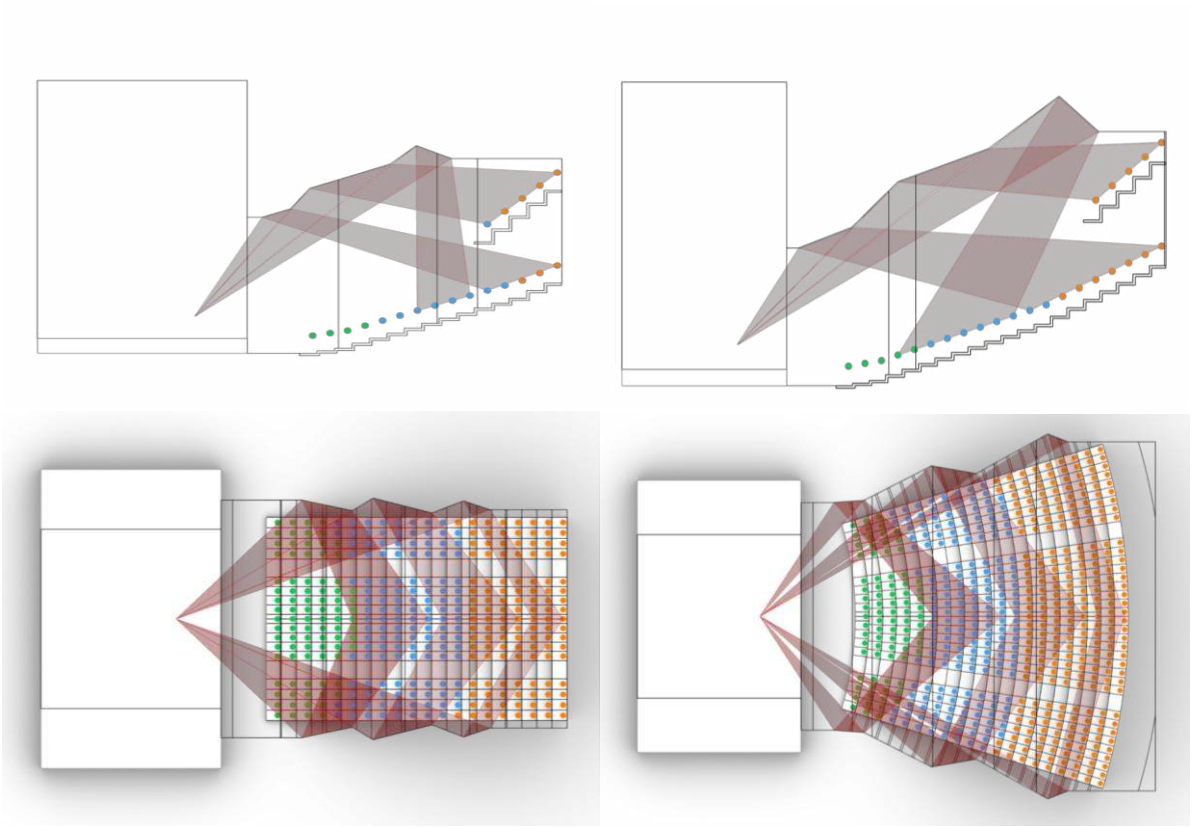
Figura 10: Exemplos gerados de modelos volumétricos e classificação do desempenho visual da plateia.



Fonte: os autores

A etapa final do algoritmo dedica-se ao pré-dimensionamento dos espelhos acústicos, assumindo um caráter de otimização. No caso dos refletores laterais, a lógica de criação é regida por testes de viabilidade do traçado de raios em tempo real. Este processo de autocorreção garante que o modelo resultante não seja apenas uma representação formal, mas uma solução tecnicamente viável para a complexidade acústica de uma sala de espetáculos.

Figura 11: Variações na geração dos espelhos acústicos em corte (à esquerda e direita acima); Variações na geração dos espelhos acústicos em planta (à esquerda e direita abaixo).



Fonte: os autores

O ALGORITMO COMO SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO E AO ENSINO-APRENDIZAGEM

A principal força da ferramenta vai além da rápida geração volumétrica: ela apoia a tomada de decisão usando *feedback* em tempo real para alinhar a intuição do

projetista às exigências técnicas. No ensino de acústica, a modelagem paramétrica supera os cálculos tradicionais ao demonstrar, na prática, o impacto direto de variáveis (como altura da boca de cena e profundidade das fileiras) no espaço. Isso cria um aprendizado mediado em que o erro deixa de ser um problema e se torna um guia para o aprimoramento do projeto.

Do ponto de vista profissional, a ferramenta tem potencial para consolidar-se como apoio ao processo projetual. A redução dos esforços de retrabalho para o (re)desenho da geometria da sala e, consequentemente, a aceleração dos fluxos em diferentes fases do projeto podem constituir ganhos significativos. Ao automatizar tarefas repetitivas de dimensionamento, o *script* permite que o arquiteto foque mais em aspectos qualitativos e compositivos, por exemplo.

A possibilidade de realizar vários testes em um mesmo modelo torna-se, portanto, mais concreta, porém não menos precisa, e passa a representar não apenas ganho em produtividade, mas também amplia as possibilidades de estudo, permitindo explorar soluções mais ousadas e tecnicamente mais consistentes ainda nas etapas iniciais do projeto o que contribui para a originalidade de estudantes e profissionais. Em fases mais avançadas, o *feedback* em tempo real sobre a viabilidade geométrica e o desempenho funcional do teatro, junto com a automação do dimensionamento de elementos críticos (como a curva isóptica e o pré-dimensionamento de espelhos acústicos), garante que as alterações sejam feitas com maior precisão e coerência, minimizando a necessidade de refazer partes fundamentais da proposta e consolidando o projeto de forma mais célere.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo conclui com êxito o desenvolvimento da ferramenta paramétrica para projetos de teatros. Sua principal contribuição consiste no apoio à tomada de decisão por parte do projetista em atividade extremamente complexa que é lidar com critérios geométricos que definem a correta visualização e, em boa parte, definem o desempenho acústico de salas de espetáculos. Paralelamente, ao automatizar cálculos críticos, como a curva isóptica e os espelhos acústicos, o sistema fornece *feedback* em tempo real, o que permite testes mais ágeis, ampliando a exploração e liberdade projetual, tornando possível o aprimoramento qualitativo da arquitetura. Pedagogicamente, a ferramenta facilita o ensino ao evidenciar a relação entre variáveis (*inputs*) e desempenho (*outputs*), ajudando na compreensão de manuais técnicos, com a meta de ser aplicada no amplo espectro de disciplinas práticas que podem abordar a acústica arquitetônica.

Em suma, o pensamento algorítmico mostra-se um método promissor frente à complexidade inerente a estes espaços, fazendo com que a forma arquitetônica seja o resultado preciso e coerente da articulação entre condicionantes normativas, ergonômicas e de desempenho.

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A natureza modular do algoritmo permite sua expansão, consolidando a ferramenta como um sistema mais completo de projeto. Entre os principais desdobramentos está o refinamento da simulação acústica, que pode ser promissoramente corrigida pela incorporação de dados de absorção dos materiais, possibilitando uma avaliação mais precisa do Tempo de Reverberação (TR). Essa integração a *softwares* avançados e plugins específicos que tratam da acústica tem o potencial de orientar melhor as decisões ainda nas fases iniciais.

Também se propõe ampliar a parametrização funcional, incorporando rotas de fuga, fluxos de emergência e equipamentos cênicos, além de desenvolver uma interface mais intuitiva. Prevê-se ainda a validação pedagógica da ferramenta em sala de aula, avaliando o impacto do *feedback* em tempo real no aprendizado e na tomada de decisão, bem como sua contribuição para a facilitação do processo decisório e a possível redução de retrabalho em componentes essenciais de projetos de espaços de apresentação coletiva.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou o Gemini (Google), versão 3.1, para a melhoria de coesão do texto. O segundo autor não fez uso de IA generativa nem de tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito. Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] LAWSON, B. **How Designers Think: The Design Process Demystified**. 4. ed. Oxford: Architectural Press, 2005.

[2] RODRIGUES, Cristiano Cezarino. **Cogitar a arquitetura teatral**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

[3] TAKAHASHI, Vanessa Fátima De Medeiros; BERTOLI, Stelamaris Rolla. **Relação entre atributos acústicos e características arquitetônicas de salas de concerto aplicando o método da síntese da forma**. Ambiente Construído, v. 12, n. 1, p. 193–205, mar. 2012.

[4] BERANEK, L. L. **Concert Halls and Opera Houses**: music, acoustics, and architecture. 2. ed. Cambridge, MA: Bolt, Beranek & Newman, 2004.

[5] WOODBURY, Robert. **Elements of parametric design**. London: Routledge, 2010.

[6] APPLETON, Ian. **Buildings for the performing arts: a design and development guide**. 2nd ed ed. Amsterdam: Elsevier, 2008.

[7] **Manual do arquiteto: planejamento, dimensionamento e projeto**. Bookman, 2021.

[8] **Theatre buildings: a design guide**. Abingdon, Oxon [England] New York, NY: Routledge, 2010.

[9] DAVIS, Daniel. **Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture**. PhD thesis: RMIT University, 2013.

[10] JABI, Wassim. **Parametric design for architecture.** London: Laurence King Publishing, 2013.