

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

THAÍS DOMINGUES GUSMÃO

**O DESENVOLVIMENTO DAS TIPOLOGIAS DE PONTES: REVISÃO E PROPOSTA
DE SÍNTESE LÚDICO-EDUCATIVA**

GUARAPUAVA

2022

THAÍS DOMINGUES GUSMÃO

**O DESENVOLVIMENTO DAS TIPOLOGIAS DE PONTES: REVISÃO E PROPOSTA
DE SÍNTESE LÚDICO-EDUCATIVA**

**BRIDGE TYPOLOGY DEVELOPMENT: REVIEW AND PROPOSAL OF AN
EDUCAINFUL-ORIENTED SYNTHESIS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. MSc. Dyorgge Alves Silva
Co-orientadora: Prof. MSc. Bianca Paola Comin

GUARAPUAVA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

THAÍS DOMINGUES GUSMÃO

**O DESENVOLVIMENTO DAS TIPOLOGIAS DE PONTES: REVISÃO E PROPOSTA
DE SÍNTESE LÚDICO-EDUCATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 15 de dezembro de 2022

Dyorgge Alves Silva
Mestre em Estruturas e Construção Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Bianca Paola Comin
Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Belmiro Marcos Beloni
Pedagogo e Mestre em Geografia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rodrigo Scoczynski Ribeiro
Doutor em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

GUARAPUAVA

2022

Dedico este trabalho à minha família, por todo apoio nos momentos mais difíceis. Aos meus amigos e namorada, por serem o meu suporte enquanto estava longe de casa. E a todos os professores, que de algum modo me marcaram e contribuíram para que eu conseguisse chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Ao chegar ao fim desta jornada tão importante da minha vida, expresso minha eterna gratidão a todos que fizeram parte dessa caminhada marcada por pessoas incríveis, em especial minha família, que me apoiou em todas as minhas escolhas e me incentivou a sempre correr atrás dos meus sonhos e de tudo aquilo que eu acreditava, não me deixando desistir em nenhum momento.

Aos amigos e minha namorada que tornaram a ida para uma cidade totalmente desconhecida, uma das minhas melhores escolhas e experiências da vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dyorgge Alves Silva, pelo acolhimento, e à minha coorientadora Prof. Bianca Paola Comin, pelos conselhos, ajudas e por ter me guiado com sabedoria neste trabalho.

Sem esquecer dos grandes amigos Ralph, designer, e Luiz, gráfico, que fizeram parte da produção dos cards e me ajudaram a alcançar esse objetivo.

Enfim, a todos aqueles que em algum momento contribuíram para a realização deste sonho, deixo os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Para os seres humanos, as pontes são estruturas indispensáveis na transposição de obstáculos espaciais. Portanto, o seu estudo e o desenvolvimento de técnicas a elas associadas são imprescindíveis para aprimorar traços que elevem o nível técnico dessas construções. A fim de contribuir nesse âmbito, o presente trabalho apresenta, em forma de revisão bibliográfica, métodos, soluções construtivas, materiais e técnicas aplicadas nas pontes erigidas ao longo de importantes períodos históricos, com vistas ao entendimento cronológico e da evolução técnica das soluções aplicadas na atualidade. Já como forma de sintetizar o conteúdo em questão, e ao mesmo tempo colaborar para o aprimoramento dos métodos de ensino-aprendizagem, buscou-se criar um jogo de cartas: um produto lúdico-educativo que elenca características técnicas e projetuais dos exemplares estudados, os quais são categorizados conforme o sistema estrutural que apresentam. Desse modo, acredita-se que a busca e a proposição desse tipo de metodologia de aprendizagem pode se constituir como fator essencial para a disseminação do conhecimento técnico a pessoas não familiarizadas com a área e, assim, despertar seu interesse para os estudos de engenharia. Ademais, trata-se de um trabalho que valoriza a interdisciplinaridade e a difusão do conhecimento, agregando conhecimentos e princípios das áreas técnica e pedagógica por meio da criação de um produto.

Palavras-chave: pontes; jogos; ludicidade; interdisciplinaridade.

ABSTRACT

For human beings, bridges are indispensable structures in overcoming spatial obstacles. Therefore, their study and the development of techniques associated with them are essential to improve traits that raise the technical level of these constructions. In order to contribute in this context, the present work presents, in the form of a bibliographic review, methods, constructive solutions, materials and techniques applied in bridges erected throughout important historical periods, with a view to understanding the chronology and technical evolution of the solutions applied in present. As a way of synthesizing the content in question, and at the same time collaborating for the improvement of teaching-learning methods, we sought to create a card game: a playful-educational product that lists technical and design characteristics of the examples studied, the which are categorized according to the structural system they present. Thus, it is believed that the search and proposition of this type of learning methodology can be an essential factor for the dissemination of technical knowledge to people unfamiliar with the area and, thus, arouse their interest in engineering studies. Furthermore, it is a work that values interdisciplinarity and the dissemination of knowledge, adding knowledge and principles from the technical and pedagogical areas through the creation of a product.

Keywords: bridges; games; playfulness; interdisciplinarity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2. ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DAS SOLUÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DE PONTES	16
2.1 Uma abordagem tipológica	16
2.1.1 Pontes em viga.....	17
2.1.2 Pontes estaiadas.....	18
2.1.3 Pontes em arco.....	21
2.1.4 Pontes suspensas.....	22
2.1.5 Pontes cantilever.....	24
2.2 Uma abordagem cronológica	25
2.2.1 Idade Antiga (3500 a.C. a 476 d.C.).....	26
<u>2.2.1.1 Civilizações Orientais</u>	<u>26</u>
2.2.1.1.1 Contexto.....	26
2.2.1.1.2 Materiais e Técnicas.....	27
2.2.1.1.3 Soluções.....	28
<u>2.2.1.2 Civilização Romana (753 a.C a 476 d.C)</u>	<u>29</u>
2.2.1.2.1 Contexto.....	29
2.2.1.2.2 Materiais e Técnicas.....	31
2.2.1.2.3 Soluções.....	32
2.2.2 Idade Média na Europa (476 d.C. a 1453).....	34
<u>2.2.2.1 Contexto</u>	<u>34</u>
<u>2.2.2.2 Materiais e Técnicas</u>	<u>37</u>
<u>2.2.2.3 Soluções</u>	<u>38</u>
2.2.3 Idade Moderna (1453 a 1783).....	39
<u>2.2.3.1 Contexto</u>	<u>39</u>
<u>2.2.3.2 Materiais e Técnicas</u>	<u>41</u>
<u>2.2.3.3 Soluções</u>	<u>42</u>
2.2.4 Idade Contemporânea (1789 até hoje).....	44
<u>2.2.4.1 Contexto</u>	<u>44</u>
<u>2.2.4.2 Materiais e Técnicas</u>	<u>45</u>
<u>2.2.4.3 Soluções</u>	<u>51</u>
3. OS JOGOS COMO ALTERNATIVA LÚDICO-EDUCATIVA	53
3.1 A origem dos jogos	53
3.2 Jogo: um recurso didático	54
3.3 Os jogos de cartas	56

4. METODOLOGIA.....	58
4.1 A pesquisa.....	58
4.2 O jogo.....	60
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
5.1 Grupo A - Pontes Estaiadas.....	63
5.1.1 Ponte da Ilha Rousky.....	63
5.1.2 Ponte Papineau-Leblanc.....	63
5.1.3. Ponte Octávio Frias de Oliveira.....	64
5.1.4 Ponte Baluarte.....	65
5.1.5 Ponte Newton Navarro.....	66
5.1.6 Ponte Langkawi Sky.....	67
5.2 Grupo B - Pontes Suspensas.....	68
5.2.1 Tower Bridge.....	68
5.2.2 Ponte Golden Gate.....	69
5.2.3 Ponte do Rio Sidu.....	70
5.2.4 Ponte Kurushima-Kaikyo.....	71
5.2.5 Ponte Hercílio Luz.....	72
5.2.6 Ponte Brooklyn.....	73
5.3 Grupo C - Pontes em Arco.....	74
5.3.1 Ponte Vecchio.....	74
5.3.2 Ponte de La Concorde.....	75
5.3.3 Ponte Bloukrans.....	76
5.3.4 Ponte Zhaozhou.....	77
5.3.5 Ponte da Amizade.....	78
5.3.6 Ponte Ferroviária de Beipanjiang Qinglong.....	79
5.4 Grupo D - Pontes em Viga.....	80
5.4.1 Ponte Rio-Niterói.....	80
5.4.2 Ponte Tasman.....	81
5.4.3 Ponte Europabrücke.....	82
5.4.4 Ponte da Olândia.....	83
5.4.5 Ponte do Lago Pontchartrain.....	84
5.4.6 Terceira Ponte.....	85
5.5 Grupo E - Pontes Cantilever.....	86
5.5.1 Ponte Astoria-Megler.....	86
5.5.2 Ponte Quebec.....	87
5.5.3 Ponte Howrah.....	88
5.5.4 Ponte Jacques-Cartier.....	89
5.5.5 Ponte do Portão de Tóquio.....	90
5.5.6 Ponte Forth.....	91
5.6 Mandachuva.....	92
5.6.1 Ponte Çanakkale 1915.....	92

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
REFERÊNCIAS.....	97

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de conquistar e conhecer o espaço é algo que acompanha o ser humano desde o início de sua existência. Nesse sentido, as pontes surgiram para auxiliar no alcance dessa conquista, principalmente quando se tratava de unir dois pontos separados por mares, vales, rios, lagos ou lagoas. Observando os modelos de estrutura e os métodos de construção das pontes atuais, as quais vencem enormes vãos e são construídas utilizando grandes tecnologias, é difícil imaginar que as primeiras tentativas seguiram a intuição e que utilizavam como material de obra apenas o que havia de recurso disponível no local (NUNES, 2019). Seguindo essa perspectiva, Nunes (2019) ainda relembra que a busca sublime entre geometria, solicitações e materiais sempre foi um dos propósitos dos projetistas de estruturas.

Quando a aplicação de modelos estruturais e de métodos construtivos que possibilitaram a estabilidade das pontes consolidou-se, mesmo essas construções muitas vezes sendo superdimensionadas, o conhecimento de tais métodos ficou por muito tempo retido quase que exclusivamente nas mãos da Igreja (JESUS, 2013). Apenas muitos anos depois esse estudo foi compartilhado, e só assim pôde-se ter uma evolução mais significativa dessas técnicas, pois, com a disseminação do conhecimento, mais pessoas estavam de posse dessas informações. Isso possibilitou, então, o desenvolvimento e o aprimoramento das formas de projetar e construir pontes a partir dos métodos já existentes.

Ainda assim, em termos normativos, no Brasil, foi apenas nos anos de 1941 e 1943, respectivamente, que houve a criação das Normas NB-2 (atualmente NBR 7187) que tratava sobre o cálculo e execução de pontes de concreto armado e NB-6 (atualmente NBR 7188) que abordava as cargas móveis de pontes rodoviárias. Essas foram as primeiras normas que tratavam dos padrões de projeto a serem seguidos na concepção de pontes (ANDRADE, 2017). Andrade (2017) também menciona que, para a criação dessas normas, teve-se como principal base a DIN 1072, norma alemã que teve sua primeira versão publicada no ano de 1925.

O desenvolvimento foi progressivo, os avanços dos sistemas estruturais e dos métodos construtivos caminhavam juntos. Entretanto, com o aumento significativo da complexibilidade das estruturas, cresceram também os desafios propostos aos projetistas (GOMES, 2013). Assim, a análise sobre o

desenvolvimento das técnicas dessas estruturas e a causa que as fizeram progredir mostram-se importantes para melhorar cada vez mais alguns aspectos como a estruturação dos projetos, os métodos de cálculo empregados e os limites estabelecidos, buscando, desse modo, mais qualidade, durabilidade e segurança nos projetos (BASTOS et al., 2014).

Assim como as pontes, os jogos existem praticamente desde o início da civilização humana. Utilizados até mesmo como treinamento de táticas militares, os jogos também treinam habilidades cognitivas, emocionais, sociais, intelectuais e motoras de um sujeito, estando ligados diretamente à cultura e à história de um povo (MURCIA, 2005). Atualmente, os jogos são tidos como bons aliados na formação integral do indivíduo, e como um meio alternativo que auxilia na construção do conhecimento.

Em busca de unir tais assuntos, o desenvolvimento de um jogo de cartas colecionáveis do tipo Super Trunfo ®¹, chamado Mandachuva - Pontes, concentra a síntese dos atributos técnicos e projetuais de pontes construídas ao redor do mundo. Para além do aspecto lúdico, o jogador pode perceber as tendências construtivas dos modelos de pontes aplicados nas mais diversas regiões do planeta, além de poder estabelecer um comparativo dos valores referentes aos atributos projetuais dos exemplares estudados de forma simples e direta.

Dessa maneira, este estudo se justifica pela necessidade de analisar como esses métodos construtivos vieram se desenvolvendo ao longo da história e, ao mesmo tempo, apresentar uma síntese integradora da revisão bibliográfica realizada. Assim, a partir da disponibilidade técnica e material em cada localidade e período de estudo, pode-se perceber uma evolução das alternativas técnicas que propiciaram o emprego das soluções atuais. Como resultado dessa incursão bibliográfica, criou-se um produto lúdico-educativo dos modelos de pontes estudados; este, por sua vez, tem o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de metodologias não tradicionais de ensino-aprendizagem e expandir os princípios da interdisciplinaridade.

¹ Marca registrada e comercializada pela empresa Grow Jogos e Brinquedos Ltda.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Relacionar os sistemas estruturais e as características técnicas e projetuais de pontes ao longo da história, com vistas à sua categorização e posterior elaboração de uma proposta lúdico-educativa.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre o tema elencando as principais soluções construtivas adotadas na execução de pontes nos intervalos de tempo estudados;
- Compreender de que forma os recursos técnicos de cada época influenciaram na definição do sistema estrutural de pontes para o período histórico em questão;
- Classificar as pontes estudadas segundo o modelo estrutural proposto pela bibliografia, elencando suas principais características técnicas e projetuais;
- Propor uma ferramenta lúdico-educativa como síntese integradora dos exemplares estudados.

2. ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DAS SOLUÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DE PONTES

2.1 Uma abordagem tipológica

Mesmo as primeiras construções tendo surgido naturalmente nos primórdios da civilização, pode-se afirmar hoje que as engenharias possuem grandes conexões com diversos campos da ciência e do saber humano (QUEIROZ, 2019). Porém, na visão de Maré (2011), a engenharia científica começou a acontecer de fato quando houve a aceitação de que a totalidade daquilo que se fazia antes, sem qualquer comprovação científica, apenas baseado em experiências vividas e intuição, na realidade, sempre foi controlado por leis da física e da matemática.

Essa engenharia e essa curiosidade por conhecer e estabelecer leis que regem os princípios da mecânica das estruturas encontrou seu expoente em figuras como Leonardo da Vinci e Galileu Galilei, nos séculos XV e XVII. Da Vinci, em suas pesquisas, tentou determinar as forças resistivas de uma estrutura simples por meio de princípios da estática, mas seus estudos foram deixados de lado por muito tempo. Já Galileu, foi o autor do livro “As duas novas ciências” no qual discorreu sobre assuntos como resistência em vigas e colunas (MARÉ, 2011).

Ainda que a teoria das estruturas tenha sido criada como disciplina e campo de estudo recentemente (essencialmente durante o século XIX), não concedendo um guia teórico para projetos anteriores a sua criação, a história mostra que se observarmos a maioria das estruturas, havia desde tempos muito antigos, a aplicação de essencialmente três elementos estruturais na maior parte das construções existentes: os que transmitem as forças atuantes sobre ele por (i) força axial, (ii) por flexão ou (iii) por curvatura (TANG, 2007).

Com relação à classificação das estruturas de pontes, Tang (2007) afirma que se pode ainda classificar todas as pontes que apareceram ao longo da história em quatro grupos, sendo eles: (i) pontes em viga, (ii) pontes estaiadas, (iii) pontes em arco e (iv) pontes suspensas. Já Valeriano (2021), diz que os principais sistemas estruturais utilizados para transpor obstáculos se resumem basicamente em outras quatro categorias: (i) biapoado, (ii) balanço, (iii) arco e (iv) pênsil, cujos quais também foram embasados em observações de situações naturais. Nas próximas seções serão tratadas das particularidades desses modelos, indicando brevemente

alguns dos seus aspectos estruturais e associando-os às classificações feitas pelos autores supracitados.

2.1.1 Pontes em viga

Como modelo estrutural mais antigo, as pontes em vigas já se caracterizavam como tal desde quando um tronco de árvore caía sobre um rio, por exemplo (FERNANDES, 2017). Fernandes (2017) descreve esse padrão de ponte como sendo uma estrutura rígida colocada sobre dois pilares, que fazem com que o tabuleiro sofra solicitações de tração em suas fibras inferiores e, em suas fibras superiores, solicitações de compressão. No tabuleiro também podem-se verificar três elementos: as vigas principais ou longitudinais, as vigas transversais e a laje (EL DEBS & TAKEYA, 2007).

Para Valeriano (2021), o sistema de pontes em viga biapoiada (Figura 1) pode ser considerado como o mais espontâneo, sendo notado em praticamente todas as civilizações antigas. Contudo, nesse sistema, pontes que eram constituídas de pedras não alcançavam grandes vãos, pois sua resistência à flexão é relativamente baixa.

Figura 1 - Ponte pré-histórica Tarr Steps, Grã-Bretanha



Fonte: Valeriano (2021)

Uma das mais relevantes particularidades de ponte em vigas (Figura 2) é que as vinculações podem não expressar momentos fletores da superestrutura na infraestrutura (FERNANDES, 2017) se forem utilizados apoios rotulados. Fernandes (2017) também cita que há uma relação entre o modelo da seção transversal escolhido e o esquema estrutural e, para pontes de grande porte, procura-se priorizar seções mais abertas ou do tipo caixa.

Quando se trata do carregamento das pontes, Fernandes (2017) afirma que eles podem ser separados em permanente - que é aquele proveniente do peso próprio do material em virtude do seu peso específico e da geometria da seção transversal - , e em móvel - que varia conforme a finalidade da estrutura, podendo ser provenientes das cargas relativos ao trânsito de automóveis ou de pessoas.

Figura 2 - Ponte em viga, Rio Teles Pires (MT)



Fonte: Fernandes (2017)

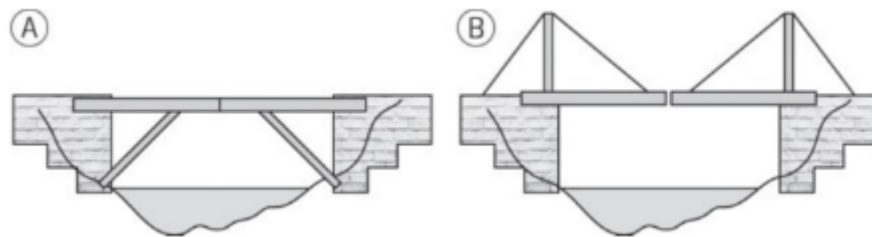
2.1.2 Pontes estaiadas

As pontes estaiadas (Figura 3) são marcadas por serem estruturas sustentadas por estais - uma alternativa estrutural que também se permeia há muitos anos, visto antigamente principalmente em embarcações e castelos medievais (BASTOS et al. 2014). Estais são cabos que partem diretamente de um mastro e conectam-se ao tabuleiro da ponte, onde são angulados; nesse sistema, portanto, existe tanto uma componente de força horizontal quanto vertical sobre a pista, devido à inclinação do cabo (BASTOS et al. 2014).

Figura 3 - Ponte da Ilha Roussky

Fonte: Bastos et al. (2014)

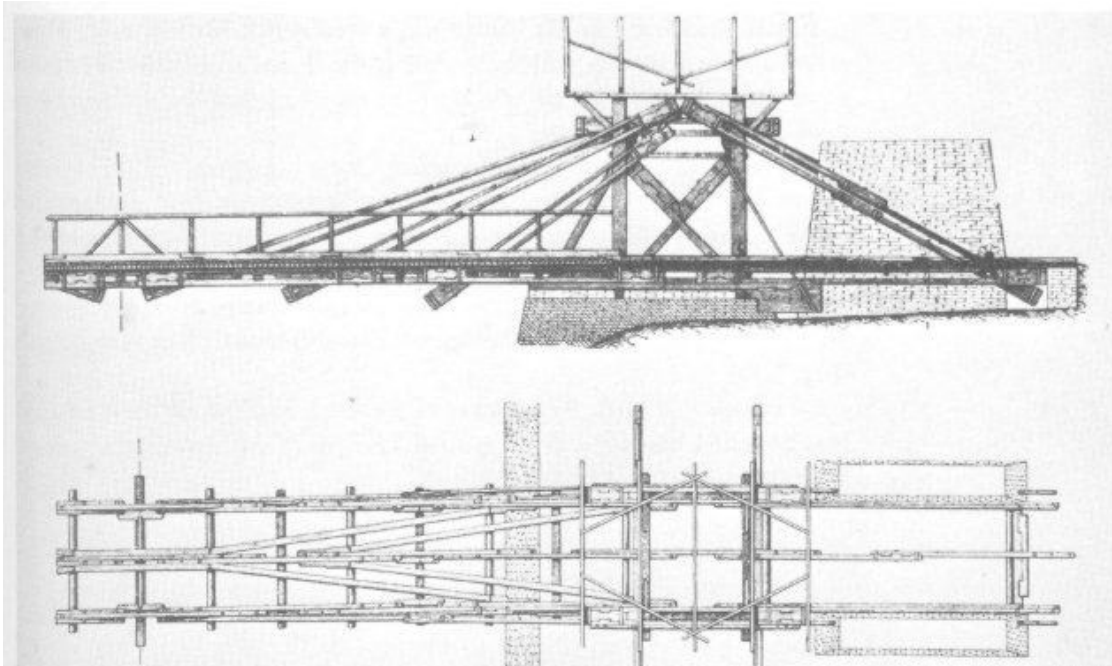
Pode-se considerar que tanto o balanço com escora inclinada quanto a estrutura estaiada surgiram do aperfeiçoamento do sistema em balanço (VALERIANO, 2021), representados na Figura 4.

Figura 4 - (A) Balanço escorado e (B) Balanço estaiado

Fonte: Valeriano (2021)

Em esboços de Leonardo da Vinci já se notava a existência de estais em seus projetos de pontes. Entretanto, a primeira ponte estaiada a ser construída de fato foi em 1784: uma ponte em madeira projetada e executada por um alemão chamado Immanuel Löscher (BASTOS et al. 2014), e constante na Figura 5.

Figura 5 - Primeira ponte estaiada construída



Fonte: Blog Rudloff (2011)

Visando melhor aproveitamento da estrutura e plausíveis reduções de custos, é possível determinar diferentes pontos no projeto como, por exemplo, uma nova maneira de posicionar os tirantes, ou ainda a aplicação de um conceito diferente nos apoios principais. Nota-se isso observando ao longo dos anos a diferença de pontes estaiadas primitivas, que tinham seus estais bastante espaçados ao longo do tabuleiro (necessitando assim, de estais mais rígidos para suportar os esforços de flexão, o que por consequência, fazia com que a superestrutura se tornasse mais pesada, transmitindo desta maneira, cargas desnecessárias para a infraestrutura), com as pontes que vieram posteriormente, as quais eram construídas com espaçamento menores entre os estais (BASTOS et al. 2014).

Outro parâmetro a analisar, é o tipo de ligação dos tirantes com o mastro. Atualmente, existem três principais formas de conexão, que são elas: arranjos tipo leque, tipo harpa e semi-harpa. O primeiro arranjo foi proposto pelo francês Poyet, em 1821, esse modelo em leque apresenta todos seus cabos fixados em um único ponto da torre - normalmente, no topo. Esse arranjo é mais expressivo em termos de distribuição de carga, já que uma maior verticalidade dos cabos diminui os esforços de compressão do tabuleiro, assim como diminui parcelas de esforços horizontais transmitidos para a torre (BASTOS et al. 2014).

O segundo arranjo, foi criado por Hatley, em 1840, e tem a fixação dos seus cabos projetadas em diferentes alturas no mastro. Esse modelo não é indicado para grandes vãos, pois os cabos menos inclinados requerem seções mais robustas para sustentação do tabuleiro, já que ali há altas tensões de compressão (BASTOS et al. 2014).

O último arranjo é projetado com um afastamento definido das ancoragens pela extensão da torre. No geral, o tipo semi-harpa apresenta inclinações maiores do que no sistema em harpa, assim, garante-se nesse sistema a característica dos arranjos em leque que prevê que as forças horizontais aplicadas no tabuleiro fiquem menores (BASTOS et al. 2014).

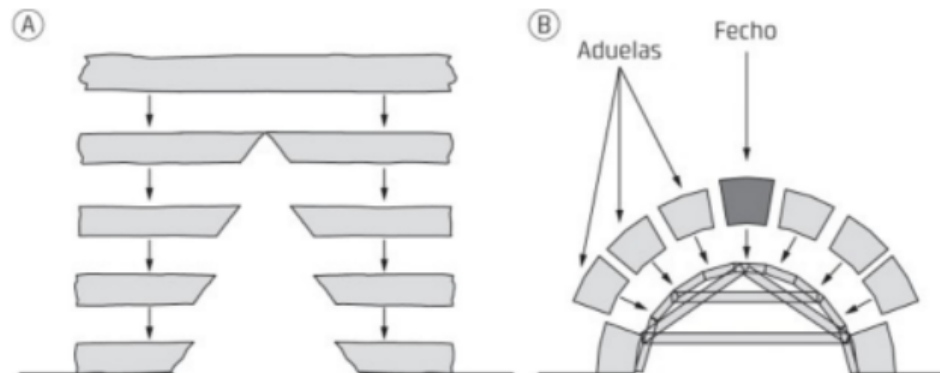
Outra aplicação que transpôs barreiras foi o aumento do número de planos de estais. Pontes com apenas um plano de estais são esteticamente aceitáveis, mas esse tipo de estrutura não trabalha bem com cargas assimétricas, já que o efeito “gangorra” gerado por esse tipo de aplicação causa grandes esforços de torção na superestrutura. Sendo assim, a adesão de dois planos de estais tende a equilibrar o sistema e a reduzir tal tendência, dado que o tabuleiro irá funcionar como elemento biapoiado (BASTOS et al. 2014).

2.1.3 Pontes em arco

Uma ponte em arco contém pilares em suas extremidades, os quais são ligados por uma estrutura no formato curvo, podendo ela ser ou não associada. Essas pontes, dependendo da sua geometria, podem ser projetadas apenas para suportar esforços de compressão no arco principal, transferindo parcialmente o peso e as cargas como uma força de empuxo horizontal aplicada aos pilares laterais (JESUS, 2013).

Mesmo que sua origem seja atribuída aos povos da Etrúria, a construção dos primeiros arcos consolidou-se no Ocidente a partir dos romanos, e esteve presente em outras civilizações desde a Antiguidade, como a grega e chinesa (VALERIANO, 2021). Valeriano (2021) também compara o sistema em arco com o sistema em balanço (Figura 6), pois esses dois podem se confundir, mesmo seus comportamentos sendo diferentes: no primeiro, os blocos têm superfície de contato em direção radial; já no segundo sistema, as superfícies são paralelas e horizontais.

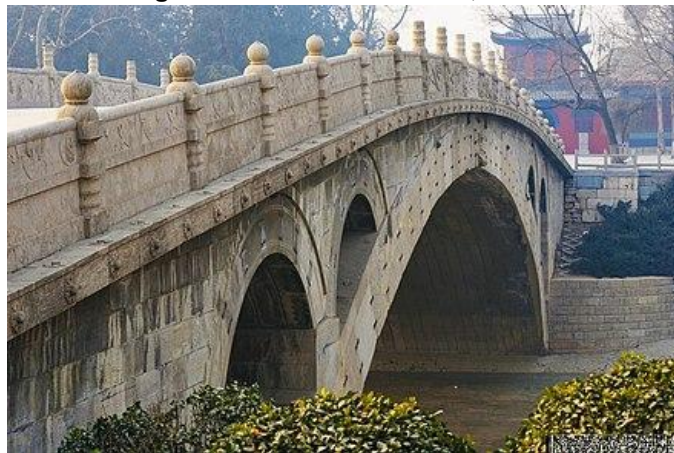
Figura 6 - comparação entre o (a) sistema construtivo em balanço e (b) sistema construtivo em arco



Fonte: Valeriano (2021)

Projetado e construído corretamente, o arco pode excluir a possibilidade de existência de tensões de tração, sendo perfeito para ser aplicado a materiais como a pedra e o concreto (Figura 7). Isso mostra o motivo desse tipo de estrutura ser tão difundido antes mesmo da comercialização do ferro e do aço (TANG, 2007).

Figura 7 – Ponte Zhaozhou, China



Fonte: Valeriano (2021)

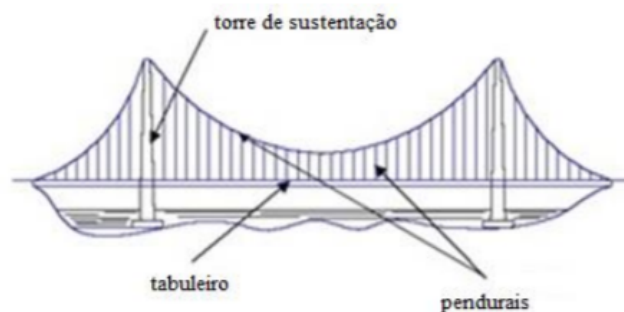
2.1.4 Pontes suspensas

Já as pontes suspensas, chamadas também pontes pênses, são estruturas que têm como aspecto principal a sustentação do seu tabuleiro por pendurais ligados por barras ou por cabos de aço, o que se parece muito com o modelo estaiado - porém, a diferença se faz na disposição dos cabos de sustentação. Nas pontes suspensas, ao invés dos cabos saírem do mastro e direcionarem-se ao

tabuleiro, eles são dispostos em curva e presos nas extremidades das estruturas de sustentação (COSTA, 2018).

Esses cabos de aço formam uma curvatura semelhante à de uma parábola, a qual permite a compressão dos pilares de modo uniforme, pois o carregamento do tabuleiro é transmitido até a estrutura de sustentação. Pode-se afirmar ainda que sua pista de rolamento é sustentada verticalmente por meio dessas estruturas (Figura 8), o que é capaz de deixar a estrutura mais leve, tornando esse modelo de ponte mais propício a sofrer com as ações do vento (COSTA, 2018).

Figura 8 - Ilustração dos componentes de uma ponte suspensa



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

Figura 9 - Ponte suspensa Menai Strait, Reino Unido



Fonte: El Debs e Takeya (2009)

Mesmo que esse tipo de ponte tenha estado presente em civilizações muito antigas (onde materiais como cipós, tiras de couro e cordas eram utilizados como elementos estruturantes), as pontes suspensas de longo alcance só foram possíveis de serem executadas após o aperfeiçoamento da tecnologia de fios. Antes disso, o

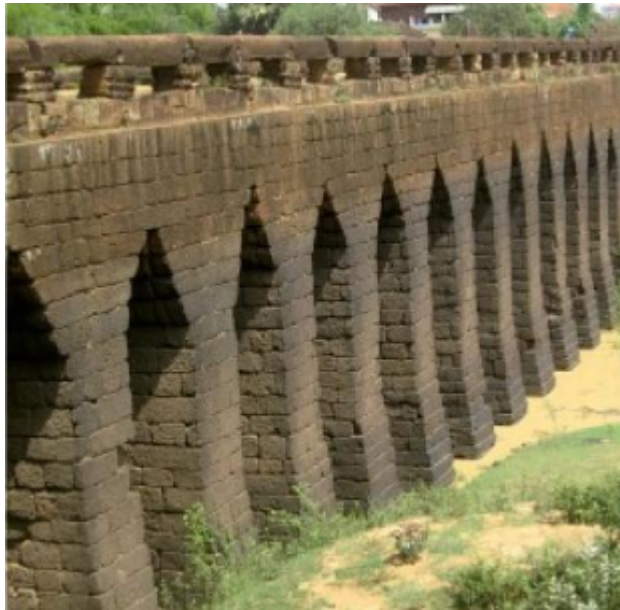
obstáculo era compreender de fato como os efeitos aerodinâmicos atingiam essas estruturas (TANG, 2007).

2.1.5 Pontes cantilever

As pontes cantilever ou pontes em balanço, são estruturas construídas com vigas horizontais suportadas apenas em uma das extremidades. Nesse modelo de ponte, a maioria emprega dois braços cantilever, que se estendem de lados contrários do obstáculo a ser transposto e se encontram no centro (DE NONI, 2022).

Antigas construções de pontes em balanço eram feitas de pedra e madeira. Um exemplo notável do século XII é a ponte de Kampong Kdei (Figura 10), no Camboja, considerada a ponte mais extensa em pedra construída no sistema em balanço, alcançando 90 m de comprimento (VALERIANO, 2021).

Figura 10 - Ponte em balanço, Camboja



Fonte: Valeriano (2021)

O modelo estrutural dessa ponte pode, aparentemente, ser confundido com o sistema em arco; contudo, trata-se na verdade de um falso arco, pois apesar da forma arqueada, as superfícies de contato entre as pedras são sempre horizontais - e não direções radiais - assim, não se verifica como arco (VALERIANO, 2021).

Já as pontes em balanço feitas de madeira não resistiram bem ao tempo, por isso não é comum ver essas estruturas presentes nos dias de hoje. Atualmente, grandes pontes desse tipo requerem a utilização de treliças de aço para evitar

qualquer falha na estrutura. As primeiras pontes longas do modelo cantilever foram construídas no século XIX, quando surgiu a necessidade de aprimorar a infraestrutura para viabilizar o transporte ferroviário (VALERIANO, 2021).

2.2 Uma abordagem cronológica

Até os dias atuais, a recorrência de obstáculos topográficos e naturais nos terrenos incita o ser humano a conhecer mais das técnicas de construção, dos materiais e do desenvolvimento de ferramentas e equipamentos. Prova-se que isso é algo que advém de muitos anos ao observar a presença de pontes como estruturas de transposição em diversas civilizações passadas. Contudo, sabe-se que o aprimoramento dos modelos estruturais nelas aplicados surgiu efetivamente quando tais civilizações desejaram expandir sua rede de estradas (VALERIANO, 2021). Assim, com esse aperfeiçoamento, podia-se assegurar um rápido progresso no escoamento da produção local e na conquista de novos territórios, aumentando a produtividade econômica da região e, conseqüentemente seus poderes, o que ainda acontece na atualidade (KORCHAGIN & ZAYCEV, 2021).

Korchagin e Zaycev (2021), com uma visão mais recente, trazem o dado de que a construção de pontes nos últimos dez ou doze anos superou os números equivalentes aos vinte anos anteriores. Nesse tempo, melhorias significativas nos modelos de estrutura de pontes e nas tecnologias de construção puderam alterar a intensidade do trabalho e o tempo de duração de uma obra desse gênero, refinando fatores como a qualidade, a confiabilidade e a durabilidade. Os autores ainda enfatizam o uso cada vez mais frequente de tecnologias modernas e progressivas, que incluem a construção de fundações mais eficientes, uso de concreto de alta qualidade, uso de chapas modernas feitas em fábrica, oportunidade de usar metais ligados de alta resistência, vidro carbonato e novas impermeabilizações, as quais potencializam os processos construtivos ao mesmo tempo em que reduzem o tempo de execução da construção (KORCHAGIN, ZAYCEV, 2021).

Tang (2007), com um olhar mais aprofundado, observa que a civilização progride de muitas maneiras, e um dos maiores progressos tecnológicos em termos de construção de pontes deve-se ao avanço nos estudos de teoria das estruturas,

ao aperfeiçoamento de equipamentos, bem como à descoberta e avanço nos estudos de novos materiais de construção.

Dando um passo a mais na observação da história, Tang (2007) também relembra importantes fatos que merecem atenção, como o modo que os egípcios levantaram suas pirâmides e como os romanos edificaram as cúpulas e pontes, revelando assim a questão mais essencial na evolução da tecnologia de pontes: o avanço no estudo das propriedades constitutivas e resistivas dos materiais.

Para o projeto de uma estrutura de transposição é necessário atentar-se a fatores como vão, topografia, presença de cursos de águas, solo, acessibilidade e pontos de prováveis acidentes, podendo incluir ainda a harmonização e beleza da solução no contexto espacial (que é um ponto buscado há tempos pelo ser humano, mesmo não sendo algo determinante para a função ou dimensionamento da estrutura) (DE VASCONCELOS MARINHO, 2012). Todos esses pontos devem ser levados em consideração para que se consiga atingir os requisitos fundamentais de uma ponte, que se resumem em: funcionalidade, segurança, estética, durabilidade e economia, objetivando qualidade nas condições apontadas acima (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

Apresentadas essas considerações, os subcapítulos a seguir abordarão as técnicas construtivas e os modelos estruturais de pontes utilizados pelas grandes civilizações e grandes impérios ao longo de períodos selecionados da história. Como esses povos precisavam dominar mais terras para garantir seu poderio econômico, os desafios de relevo eram recorrentes. Assim, o desenvolvimento das técnicas construtivas se tornou mais rápido que o normal, fazendo-os destacarem-se quando o assunto é pontes (VALERIANO, 2021).

2.2.1 Idade Antiga (3500 a.C. a 476 d.C.)

2.2.1.1 Civilizações Orientais

2.2.1.1.1 *Contexto*

Na Idade Antiga, destaca-se a contribuição técnica de povos como os egípcios, mesopotâmicos, hebreus, fenícios e persas. Localizados nas imediações do Oriente Médio, esses povos viviam em locais de terras férteis e água em

abundância, já que a proximidade dos recursos naturais era essencial para a sua sobrevivência física e financeira (BARBOSA, 2009).

A agricultura, a pecuária, o comércio entre povos e utilização de mão-de-obra escrava também estavam presentes nesse contexto, além das guerras que, assim como na civilização romana, eram frequentes e trouxeram, por consequência, grandes conquistas, novos espaços territoriais, oportunidades de desenvolvimento e invenções, bem como grandes poderes (BARBOSA, 2009).

A Mesopotâmia era dividida entre uma região muito fértil (sul) e outra com montanhas e desertos (norte), e foi por essa dificuldade que esses povos desenvolveram as primeiras infraestruturas (como a drenagem e irrigação) destinadas ao provimento dos recursos hídricos da área mais abundante para a área de escassez. Nesse sentido, a proximidade das terras com os rios Tigres e Eufrates associada às técnicas de irrigação solucionou problemas na parte agrícola. Além disso, os mesopotâmicos se destacaram também pelas grandiosas construções de templos religiosos de pedra, conhecidos como zigurates (BARBOSA, 2009).

O Egito, por sua vez, contou com grandes obras de engenharia. Com certo conhecimento de matemática, construíram-se pirâmides gigantescas que serviam como túmulos de faraós, as quais são obras de grande atração até nos dias atuais (BARBOSA, 2009).

Os povos chineses antigos também possuíam vasto conhecimento em termos de construções. Há relatos de que antes mesmo de Roma se tornar uma grande potência, a China já se mantinha como uma civilização forte e poderosa. A cultura chinesa interveio fortemente em culturas de países vizinhos como Japão e Coreia, sendo eles também os pioneiros no uso da pólvora (BARBOSA, 2009).

Os persas, civilização guerrilheira, garantiram o domínio de muitas regiões, aumentando seu território a cada conquista e estendendo o poder do seu império. O fato que fez seu domínio sobre as populações perdurar foi o modo pelo qual o autoritarismo se manifestava: eles costumavam respeitar as culturas dos povos dominados, o que evitava desavenças entre eles (ARAUJO, 2019).

2.2.1.1.2 Materiais e Técnicas

O Egito e a Mesopotâmia, que se localizavam em locais com pouco acesso a materiais rochosos, tornaram-se conhecedores da técnica de utilização do adobe

com ladrilho cozido ao sol, o que formava o tijolo adobe. Nas construções, esses tijolos eram justapostos e sobrepostos sem argamassa que, juntamente com a geometria do arco e da abóbada, constituiu-se como um dos métodos construtivos mais expoentes do período (JESUS, 2013).

Mesmo utilizando o tijolo de barro em muitas construções, os egípcios, em suas maiores e mais significativas edificações, utilizaram a pedra como material principal, em função deste apresentar mais durabilidade que o tijolo fabricado. Essas pedras eram trabalhadas e talhadas com extrema precisão e, em seguida, eram justapostas e sobrepostas, na maioria das vezes sem a assistência da argamassa, ainda que esses povos já conhecessem as vantagens de se utilizar o ligante hidráulico (MARÉ, 2011).

Quanto aos povos chineses e japoneses, estes são conhecidos pela grande destreza no trabalho de materiais orgânicos, especialmente a madeira. As construções e as embarcações chinesas são exemplos expoentes da técnica desses povos, cuja precisão no projeto e execução dos entalhes, por exemplo, é notável.

2.2.1.1.3 Soluções

Foi na tentativa de buscar soluções para as dificuldades encontradas nas atividades práticas do dia-a-dia - como na agricultura em contagem de grãos e em construções de templos, por exemplo - que houve a necessidade de buscar uma ciência para auxiliar na solução desses problemas, e foi aí que a matemática começou a ser aprimorada (HOLANDA; MESQUITA; RAMOS, 2018).

A matemática desenvolvida pelos mesopotâmios e gregos, em seu início, não apresentava uma base de contagem tão significativa. Entretanto, a civilização egípcia, com seus cronogramas e métodos rústicos de numeração, desenvolveu um tipo de “gerenciamento de obras”, por meio do qual foi também capaz de dar vida a técnicas primitivas de topografia e noções sobre o trabalho do solo, além de induzir as primeiras tintas e rebocos nos revestimentos de suas construções (HOLANDA; MESQUITA; RAMOS, 2018).

E, assim como a maioria das civilizações, com o objetivo de ligar pontos separados do território para facilitar questões que envolviam comércio e vias de guerra, os mesopotâmicos e os egípcios foram os primeiros a erguer pontes, de acordo com os registros históricos (MARÉ, 2011).

Utilizando os métodos construtivos já empregados por eles em outras obras, as pontes com estruturas em forma de arco e abóboda se afluaram no mundo neste momento, influenciando não só os persas e gregos, como também os chineses, que enfrentavam problemas recorrentes em suas pontes de madeira, sendo obrigados a realizar manutenções frequentes (MARÉ, 2011).

Dessa maneira, é na China, durante a Dinastia Tang, que aconteceram os primeiros desenvolvimentos das pontes em arco. Posteriormente, durante a Dinastia Sui, foi produzida a mais famosa, antiga e ainda existente ponte em arco com um único vão, a Ponte Zhaozhou (Figura 15), que possui 37 metros de vão e 64,4 metros de comprimento. Essa foi a primeira ponte, construída há mais de 1400 anos, a empregar um amplo arco como vão central, com a existência de dois pequenos arcos em suas laterais, possibilitando seu ajuste ao solo de características plásticas da região (MARÉ, 2011).

Figura 15 - Ponte Zhaozhou, na China



Fonte: Maré (2011)

2.2.1.2 Civilização Romana (753 a.C. a 476 d.C.)

2.2.1.2.1 *Contexto*

Pode-se dizer que a história da civilização romana é deslumbrante: o que teve início centralizado em Roma, se expandiu a tal ponto que sua cultura e seus avanços contribuíram para um desenvolvimento mais rápido do Ocidente, tornando-se uma civilização de destaque em imensidão e organização e um dos maiores impérios do mundo antigo (BRANDÃO, 2015).

Gregos, etruscos e itálicos, povos que habitaram o local, ajudaram a moldar a cultura romana. A história dos romanos compreende três formas de governo, (monarquia, república clássica e império) e em todas elas houve guerras e lutas que foram críticas, entre outros quesitos, para o desenvolvimento técnico dessa civilização em busca de domínio de território (BRANDÃO, 2015).

Brandão (2015) aponta também como a consciência identitária dos romanos ressoou até mesmo nas lendas sobre sua fundação, como a que conta que Rômulo e Remo nasceram da relação entre Marte, deus da guerra, com uma humana chamada Reia Sílvia, sucessores de Eneias, um herói que participou da Guerra de Tróia. Por isso, pode-se observar que a organização política centrada em um potente exército foi o motivo expoente de sua história e, conforme as conquistas territoriais tornavam-se mais recorrentes, o poderio dessa civilização via-se aumentar.

A própria evolução das cidades romanas em questão de infraestrutura acompanhou esse ritmo de conquistas. Entretanto, a expansão territorial a grandes extensões só ocorreu após a vitória de Roma nas chamadas Guerras Púnicas, contra sua principal inimiga, Cartago (BRANDÃO, 2015).

Nesse sentido, o sistema viário era uma estrutura essencial para viabilização do transporte bélico, cívico e comercial desse povo, e como em períodos de guerra os momentos decisivos são marcados por ações rápidas, as primeiras pontes para transposição de obstáculos foram executadas por embarcações e um passadiço (Figura 11), onde a pedra estava presente apenas na infraestrutura, e a madeira em sua superestrutura.

Mais tarde, as pontes começaram a ser construídas apenas com pedras, e isso também se traduziu como o principal princípio construtivo dessa civilização, resumidos em: solidez, utilidade e beleza (COSTA, 2009). Uma das primeiras pontes romanas teria sido erguida sobre o Rio Tibre no ano de 621 a.C., tendo sido chamada de Pons Sublicius – “Ponte de Estacas” (Figura 12) (MARÉ, 2011).

Figura 11 - Ponte com embarcações



Fonte: Defesa Aérea & Naval (2015)

Figura 12 - Pons Sublicius, Rio Tibre



Fonte: Maré (2011)

2.2.1.2.2 Materiais e Técnicas

A civilização minóica² apresentou ao mundo a utilização da argamassa de cal, que pode ser entendida como um cimento primitivo. Em seguida, esse material também foi usado pelos gregos, mas a principal questão que envolvia a sua utilização é a de que ele se dissolvia facilmente na água e, assim, não era resistente à ação das intempéries (TANG, 2007).

Em busca de um aperfeiçoamento desse material, os romanos adicionaram a esse cimento primitivo cinzas vulcânicas da cidade de Pozzuoli - a pozolana -, que constituía-se de um tipo de argila cozida pelo calor do vulcão. Esse material, quando misturado à areia e à água, formava uma argamassa resistente, a qual, depois de seca, não se desfazia em contato com a água. Tratava-se de uma espécie de

² A civilização minóica surgiu durante a Idade do Bronze em Creta, a maior ilha do Mar Egeu, entre os séculos XX e XV a.C., e marca o início da sociedade com domínio dos metais.

concreto primitivo utilizado como ligante das pedras que compunham os pilares e os arcos, e também como material de enchimento de fundações (MARÉ, 2011).

Arenas, palácios, templos, pontes e outras construções foram erigidas utilizando esse material, o qual, juntamente com a pedra, se tornava muito resistente às forças de compressão. Isso explica a tamanha utilização de arcos nas estruturas romanas - sistemas que, como já citado anteriormente, se desenvolveram de fato nas mãos romanas, e que, quando construídos sob uma geometria específica, conseguem eliminar os esforços de tração na estrutura. O concreto armado³, utilizado abundantemente nos dias de hoje, só foi possível com o advento do aço, o qual popularizou-se apenas em meados do século XIX (TANG, 2007).

As técnicas construtivas adotadas pelos romanos permearam várias áreas da construção civil, e algumas delas embasam princípios utilizados ainda hoje. Um exemplo disso são as técnicas utilizadas para execução de fundações em pontes por meio de ensecadeiras, as quais eram feitas afundando-se estacas de madeira no leito do rio, removendo-se a água ali existente e escavando-se o solo no local onde seriam fundadas as suas pontes (MARE, 2011). Outra observação pertinente de Maré (2011) é que um dos motivos de muitas pontes dessa época não terem permanecido em pé até os dias atuais é que, em muitas vezes, as fundações das pontes romanas não eram suficientemente profundas, não suportando as forças advindas da correnteza dos corpos d'água.

Outra técnica utilizada pelos romanos foi a construção de um pilar a cada vez. Executando dessa forma, tornava-se possível reutilizar os cimbres de madeira para outros pontos de execução de pilares.

As pontes construídas pelos romanos são a prova da organização dessa civilização, onde a eficácia e a capacidade técnica explicaram o seu sucesso em termos de expansão. Para se ter noção, no início da era cristã, os romanos construíram diversas pontes em arco de pedra cujos vãos que chegavam a 30 metros, e algumas dessas estruturas resistiram ao tempo e chegaram aos nossos dias em razoável estado de conservação (JESUS, 2013).

2.2.1.2.3 Soluções

³ O concreto armado foi patenteado por W.B. Wilkinson em 1854, sendo assim, muito recente comparado aos materiais disponíveis na Idade Antiga.

As pontes romanas se caracterizavam por serem pesadas (devido ao material pétreo de que eram constituídas), e eram construídas seguindo a lógica do sistema de vias imperiais, ou seja, essas pontes eram erigidas em lugares estratégicos, em estradas que ligavam impérios uns aos outros, o que facilitava o comércio e o deslocamento de pessoas e armamentos. Destaca-se também a notória preocupação com a simetria e com a unidade do conjunto da obra: normalmente eram compostas de arcos iguais entre si (Figura 13), com tabuleiros expostos horizontalmente com vertentes laterais (COSTA, 2009).

Figura 13 - Ponte de Chaves, em Portugal



Fonte: Costa (2009)

No geral, os arcos romanos são de voltas perfeitas e circulares, sendo edificados por amplas aduelas⁴, podendo ou não ser consolidados com argamassa. Outro aspecto que se repetia nesse tipo de estrutura são as espessuras dos pilares, que representavam um quarto do vão dos arcos, o que acabava por caracterizá-los pela sua robustez (MARÉ, 2011).

Um aspecto que pode revelar e garantir a origem romana de uma ponte são as marcas fórfex (Figura 14). Essas marcas estavam presente em praticamente todas as pontes romanas e constituem-se como pequenas cavidades localizadas em

⁴ As aduelas são blocos cortados em cunha que formam a base do arco. São instaladas radialmente com o lado côncavo voltado para dentro e o lado convexo voltado para fora. Elas podem ser compostas por materiais diferentes e/ou maiores que os utilizados em outros elementos da ponte.

lados opostos dos blocos de pedra, que permitiam a entrada do fórfex: uma grua mecânica destinada ao içamento e alocação dos blocos usados na sua construção (MARÉ, 2011).

Figura 14 - Marcas de fórfex



Fonte: Maré (2011)

Em resumo, pode-se dizer que as pontes romanas são caracterizadas principalmente pela sua forma de arco semicircular e pela firmeza e robustez dos pilares. Ainda que tais características tornem a estrutura bastante resistente, o seu desaparecimento se deve grande parte à passagem de tempo, aos fatores ambientais e às ações destrutivas que ocorreram em razão das guerras (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

2.2.2 Idade Média na Europa (476 d.C. a 1453)

2.2.2.1 Contexto

A Idade Média na Europa tem início após a queda do Império Romano. Com isso, inicia-se também uma estagnação no desenvolvimento de pontes, já que nessa época o uso das estradas diminuiu drasticamente e o foco esteve sobre a construção de edifícios religiosos (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

É importante lembrar que nesse período as pessoas só podiam se locomover com autorização do senhor feudal. Algumas delas possuíam essa liberdade por conta da demanda de serviços especializados que as construções feudais requeriam; sendo assim, as pessoas que trabalhavam nessas construções podiam também levar membros de sua família consigo (QUEIROZ, 2019).

As construções de pontes medievais baseava-se na situação econômica e política das regiões em que estas seriam construídas. O projeto dessas pontes era racionalmente pensado para pequenos trajetos a serem percorridos, beneficiando a ligação entre povos mais próximos. Desse modo, nasceram as pontes fortificadas, as quais alojavam capelas, lojas e outros estabelecimentos em sua estrutura (como é o caso da Ponte Vecchio - Figura 16). Nesse período cresce também o gosto pelos arcos ogivais para compor a geometria das construções, visto que estes eram mais fáceis e seguros de serem executados (MARÉ, 2011).

Figura 16 - Ponte Vecchio, na Itália



Fonte: Maré (2011)

Com o conhecimento reservado à Igreja, os monges eram os detentores das técnicas construtivas desse período. Eles transmitiam os seus ensinamentos aos construtores dos templos e àqueles que zelavam pela conservação das grandiosas obras romanas, como as antigas estradas, as fortificações, as pontes e os aquedutos espalhados pelo antigo território romano. Um fato curioso é que determinadas pontes de geometria arrojada, cuja construção não era atribuída à Igreja, denominavam-se pontes do diabo (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

Por outro lado, o foco na construção de castelos, igrejas e catedrais em cantaria fez com que a demanda do traslado de matéria prima aumentasse e, com

a necessidade de melhorar e aumentar as rotas, deu-se origem às pontes com arco quebrado (Figura 17): uma forma mais barata e eficiente de se construir pontes que tinham como característica a leveza. Geometricamente, esse modelo de ponte é mais difícil de ser projetado, porém, ela distribui melhor os esforços, aumentando a eficiência do conjunto. É uma estrutura com dois elementos instáveis que, ao se oporem, fortalecem-se. Neste tipo de geometria, a altura do arco é maior que a largura do mesmo (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

Figura 17 - Ponte de Ucanha, em Portugal



Fonte: Costa (2009)

Nesse período, é possível dividir as pontes entre aquelas que possuíam caráter religioso e as de caráter militar, já que essas estruturas eram introduzidas em rotas de peregrinação e contavam também com objetivos defensivos (JESUS, 2013).

De modo geral, essas pontes são marcadas por aspectos de robustez e sobriedade, e são mais pitorescas que as pontes romanas, revelando algo de fantasia (JESUS, 2013). Entre as pontes dessa época, destacam-se a Ponte de Avignon (Figura 18), erguida em 1188 na França; a Ponte de Londres, construída em 1205; e a Ponte Vecchio, edificada em 1345, em Florença (MARÉ, 2011).

Figura 18 - Ponte de Avignon, na França



Fonte: Maré (2011)

2.2.2.2 Materiais e Técnicas

Apesar desse período ter desenvolvido técnicas de construção em cantaria por conta das suas construções religiosas, o material predominante na construção de pontes foram as pedras sem o uso da argamassa de consolidação. O sistema construtivo desse tipo de estrutura e o seu peso próprio favorecem o comportamento por gravidade e assim, geram uma compressão no elemento, esforço ao qual a pedra resiste muito bem. Contudo, sem essa argamassa de consolidação, as estruturas construídas resistiam mal à ação de forças transversais (MARÉ, 2011).

Os apoios dessas pontes contavam com pilares de espessuras parecidas com aquelas apresentadas pelas pontes romanas (MARÉ, 2011). Normalmente, esses pilares estavam associados a grandes talhantes (Figura 19) ou quebra-mares e quebrantes, com formatos triangulares a montante e retangulares a jusante, que tinham como função amenizar a ação da correnteza exercida na estrutura. Esses talhantes podiam ser construídos totalmente em alvenaria ou ter apenas paredes de alvenaria, tendo seu interior preenchido com outro material (JESUS, 2013).

Figura 19 - Ponte com Talhantes



Fonte: Jesus (2013)

Em pontes mais atuais, geralmente se encontram esses elementos em continuidade com os pilares, em formatos circulares (JESUS, 2013).

Observando algumas pontes construídas nesse período, é possível notar que as aduelas dessas estruturas normalmente eram estreitas e compridas. Além disso, essas pontes não possuíam tanto a característica almofadada ou rusticada, que eram bastante presentes nas pontes romanas (JESUS, 2013).

2.2.2.3 Soluções

As pontes medievais, com um ou vários arcos centrais (que geralmente se apresentavam maiores ou mais elevados que os demais), mostram que nesse período a preocupação com a simetria e a unidade na construção não era tão presente. Ademais, a forma ogival da estrutura faz com que se reduza o número de pilares no leito do rio, direcionando para uma solução em que o tabuleiro já não é mais horizontal, passando a ser em cavalete (MARÉ, 2011).

Figura 20 - Ponte Medieval de Vilela, em Portugal



Fonte: All about Portugal (2022)

Buscando mais facilidade na construção de maiores e mais variados vãos, a engenharia desse período opta por aderir arcos ogivais e segmentares, indo contra a proposta romana do arco semicircular. Esse modelo de ponte se mostra vantajoso, pois em períodos de cheia, onde materiais sólidos geralmente são arrastados, a passagem desses materiais não causava danos à estrutura (MARÉ, 2011).

Caracterizadas majoritariamente pelo uso de diferentes vãos e flechas em seus arcos, tabuleiro em cavalete, arcos quebrados, presença de fortificações e eventual assimetria (JESUS, 2013), as pontes medievais podia também, por vezes, serem construídas com arcos de volta inteira e arcos abatidos. Elas também se mostravam mais estreitas que as pontes romanas (COSTA, 2009).

2.2.3 Idade Moderna (1453 a 1783)

2.2.3.1 Contexto

A Idade Moderna, período do também chamado Renascimento, tem na Itália o seu berço e assiste à ascensão dos estudos científicos e ao nascimento da ciência moderna. A influência dos estudos dessa época concentra-se em grandes nomes

que se destacaram na arte, na música, na arquitetura, na engenharia e ciência, como Leonardo da Vinci, Galileu Galilei, Isaac Newton e Michelangelo. Movidos pela curiosidade e indagação sobre diversos assuntos, esses cientistas contribuíram muito para moldar a visão técnica desse período, que colocava o conhecimento dado como ilimitado e sem fronteiras (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

Com o objetivo de reformular as concepções características da Idade Média e ampliar a estrutura da forma urbana, o Renascimento traz determinações mais concretas sobre técnicas, estudos geográficos e científicos, remetendo a noções da Antiguidade (LIMA, 2012).

Os europeus nessa época, com a expansão marítima, dominaram diversas regiões e obtiveram riquezas a ponto de conseguir influenciar a cultura de boa parte do mundo. Como classe social em ascensão, a burguesia, em busca de cada vez mais capital, transforma a produção material majoritariamente agrária para uma produção mercantil e industrial. Essa mudança no sistema marca a chamada primeira Revolução Industrial, que ocorreu essencialmente na Inglaterra (LIMA, 2012).

Foi nesse período que começou-se a pensar em uma solução estrutural que pudesse “alongar” os efeitos obtidos pelos arcos com o objetivo de se alcançar maiores vãos. Tais avanços em termos técnicos não ocorriam desde o Império Romano, e os arcos de sustentação das estruturas, antes robustos, agora passaram a se apresentar de forma mais refinada e mais arrojados em sua proporções geométricas (MARÉ, 2011).

Na França, fundou-se a primeira instituição destinada a discutir o modo como se construíam pontes e estradas, o Departamento de Transportes Nacional. A partir da criação desta, Jean-Rodolphe Perronet cria posteriormente a primeira escola do assunto, a *École des Ponts et Chaussées*⁵ (MARÉ, 2011). Uma das pontes mais famosas desse período é a Ponte Royal (Figura 21), a qual foi construída para substituir uma ponte de madeira na cidade de Paris (JESUS, 2013).

⁵ *École des Ponts et Chaussées*, em português significa “Escola de Pontes e Estradas”.

Figura 21 - Ponte Royal, em Paris



Fonte: Jesus (2013)

Assim, a Idade Moderna, além de inserir outras formas geométricas nas estruturas, também aplicou a reutilização da arte clássica e iniciou o uso da perspectiva, que permitiu a representação de objetos em uma superfície plana a partir dos princípios desenvolvidos pela geometria descritiva, facilitando a elaboração de projetos de estruturas (HOLANDA; MESQUITA; RAMOS, 2018).

2.2.3.2 Materiais e Técnicas

Mesmo sendo marcado por importantes estudos e descobertas, esse período é caracterizado pela existência de conflitos técnicos e reestruturações, pois ao mesmo tempo em que se havia um novo pensamento baseado no antropocentrismo, era notável o uso de métodos e técnicas trazidas pelo tempo em que a Igreja detinha o poder do conhecimento (LIMA, 2012).

A cidade italiana renascentista era considerada como ideal nesse período, tanto com relação ao pensamento que a concebeu, quanto ao papel que esta exercia enquanto espaço social. A construção de pontes nessa época era realizada com pedras de mesmo tamanho justapostas entre si. Essa técnica encarecia e atrasava a obra, já que se fazia necessária a utilização de mão de obra especializada, transporte de elementos pesados, tempo de secagem e aglutinação,

além do içamento de peças alocadas em grandes alturas (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

Apesar do ferro já ser utilizado em outras construções nesse período, foi apenas no final do século XVIII que pontes de ferro fundido começaram a se popularizar. Essas pontes, no geral, possuíam vãos em arco ou estrutura treliçada, as quais eram compostas por elementos de ferro fundido (HOLANDA; MESQUITA; RAMOS, 2018).

2.2.3.3 Soluções

Durante a Idade Moderna, as soluções estruturais para pontes se tornaram mais arrojadas, com um maior alcance nos vãos, menores flechas e colunas mais altas e esbeltas (COSTA, 2009). Os arcos com características do estilo romano se fizeram presentes, mas, por outro lado, houve a inserção de novas formas, como a elipse, a catenária e o arco policêntrico. O foco no desenvolvimento das cidades e o aumento de deslocamentos, aliado ao avanço das técnicas, fez com que surgissem também as pontes treliçadas, que davam a sensação de leveza e possuíam também forte apelo estético (JESUS, 2013).

A ponte Ponte Royal (Figura 21), já citada anteriormente, é um exemplar que contém várias dessas características, constituindo-se como um grande exemplo de aprimoramento da teoria das estruturas. Além de mostrar-se esteticamente agradável e indicar uma grande economia de materiais, somam-se a estas técnicas os avanços provenientes dos saberes artísticos, arquitetônicos e científicos. Em termos executivos, ressalta-se que os trabalhadores se uniam e prestavam o serviço ao bem da comunidade e à elevação da cidade enquanto ambiente coletivo, fazendo com que a qualidade de entrega da obra aumentasse consideravelmente (JESUS, 2013).

Outro aspecto importante que foi observado nessa época é que quanto mais achatado fosse o arco da estrutura (Figura 22), maior era a pressão e a predisposição do mesmo de empurrar os pilares de base para fora. Para vencer esse obstáculo, construíram-se contrafortes e montes maciços de pedras, que tinham como finalidade estabilizar esses arcos (MARÉ, 2011). Esse tipo de técnica já era observado na construção das catedrais góticas durante a Idade Média.

Figura 22 - Ponte da Morena, em Portugal



Fonte: All about Portugal (2022)

Em se tratando de pontes rodoviárias, não havia apenas um modelo estilístico predominante, mas as soluções desenvolvidas para vencer a topografia de vales profundos utilizava estruturas com arcos de volta perfeita. Em contrapartida, em vales mais superficiais, aplicava-se como solução arcos segmentados, sendo que esses admitiam maiores vãos e menor número de pilares suportando o perfil horizontal - esse modelo de arco geralmente está presente ainda hoje em pontes de apenas um arco (COSTA, 2009).

Figura 23 - Sistema de arco de volta perfeita



Fonte: Maré (2011)

2.2.4 Idade Contemporânea (1789 até hoje)

2.2.4.1 Contexto

A Revolução Industrial, que teve início na Inglaterra do final do século XVIII, foi um processo de mudança nas formas de produção que transformou a vida dos europeus e se fortaleceu ao redor do mundo, transformando o dia-a-dia das pessoas. As novas formas de produção trouxeram consigo a necessidade de novas formas de transporte de mercadorias, as quais tinham no emprego do carvão a sua principal fonte de energia. Foi nesse período também que as demandas de indústrias de têxteis e cerâmicas aumentaram significativamente (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

Foi em 1824 que Joseph Aspdin patenteou o Cimento Portland: invenção que surgiu da mistura e queima do calcário com a argila. O ferro, por sua vez, deu espaço ao ferro fundido e ao ferro forjado - esses que futuramente dariam lugar ao aço e ao betão, também conhecido como concreto. A popularização do emprego desses materiais contribuiu para que a construção civil obtivesse mais recursos à sua disposição, para facilitar assim o alcance dos objetivos da sociedade (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

A necessidade de ampliação das cidades continuava a fazer com que as estradas se expandissem rapidamente, e em uma condição construtiva cada vez melhor. Nessa era, com a implementação de grandes máquinas a vapor, enormes linhas de produção e maior utilização de tratores e carruagens, é de se imaginar que a sobrecarga imposta nas pontes aumentaria. Dessa forma, foi preciso começar a se pensar em projetos de pontes com ligações mais fortes, eficientes e de rápida construção, a fim de acompanhar as novas demandas do período (BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al., 2016).

Para Maré (2011), não se pode ignorar os avanços feitos até aquela determinada época, principalmente quando se trata dos projetos e construções de pontes em arco de alvenaria. Contudo, o uso de redes ferroviárias como via de comunicação, que ocorreu concomitantemente à Revolução Industrial, fez com que produtos siderúrgicos como o ferro e o aço fossem mais difundidos e, conseqüentemente, mais utilizados nas construções de pontes. Dessa maneira,

enquanto ampliam-se os estudos sobre o projeto de pontes metálicas, a engenharia desse período como um todo passa por grandes avanços científicos e tecnológicos.

Apesar do avanço nos estudos a respeito do projeto e comportamentos de pontes em estrutura metálica, o que impedia essas pontes de serem construídas em grande escala era o seu custo, já que os materiais siderúrgicos tinham um preço bem mais elevado do que os materiais de alvenaria. Assim, mesmo que as pontes metálicas tenham sido consideradas melhores em termos de comportamento e desempenho técnico, as pontes de alvenaria continuaram sendo a grande maioria das executadas. Uma importante referência que se tinha na construção de pontes em arco de alvenaria de pedra dessa época sem dúvidas foi a escola francesa, a *École des Ponts et Chaussées*, a qual oferecia a formação de engenheiros com o potencial de auxiliar no progresso das construções destas pontes (JESUS, 2013).

Com o avanço dos princípios do racionalismo e do humanismo, a aplicação e o uso da ciência e da técnica se veem mais presentes nas construções, o que ocorre no período de transição entre a Idade Moderna e a Idade Contemporânea, datado do século XVIII. É nesse período que acontece também a separação entre as ciências da arquitetura e engenharia, que até então tinham seus campos de conhecimento reunidos. Os trabalhos da escola francesa, a *École des Ponts et Chaussées*⁶, foram aplicados com tamanha performance que as construções de pontes em arco de alvenaria de pedra atingiram seu ápice (JESUS, 2013).

O questionamento que Belarmino et al., (2016) faz é: como serão essas estruturas no futuro? Pois, mesmo após tantos progressos, elas continuam sendo um desafio para se adequar às estratégias do mundo atual. Essa questão está sendo cada vez mais discutida para chegar-se ao modelo considerado ideal, onde as estruturas sejam leves, resistentes, fáceis de trabalhar e que, ao mesmo tempo, sejam capazes de manter os princípios de sustentabilidade e economia.

2.2.4.2 Materiais e Técnicas

Na Idade Contemporânea não ocorreu apenas a revolução nas indústrias, mas a industrialização na arquitetura também se revolucionou a partir dos novos

⁶ Jean Rodolphe Perronet, o fundador da escola e grande influenciador de numerosos engenheiros, durante longos 47 anos, foi considerado por eles um “pai espiritual”, resultado da admiração pelo seu trabalho que tinha como feitos a construção de pontes como a “Pont de Neuilly”, a “Pont d’Orléans” e a “Pont de la Concorde” (JESUS, 2013).

materiais empregados, permitindo à sociedade descobrir inovadoras técnicas construtivas. Então, acrescentando-se aos materiais tradicionais como a pedra, madeira, cal, gesso e a terra, o ferro, o vidro, o cimento e o betão conseguem trazer a modernidade nos aspectos construtivos, explorando novas expressões estéticas, além de atender as necessidades de uso (ANDRADE, 2019).

As pontes do final do século XVIII, na transição dos períodos históricos, detinham vãos em arcos ou treliçados, constituídos com ferro fundido e submetidos à compressão. A primeira ponte desse estilo se concretizou em 1779, em Coalbrookdale, na Inglaterra, dispoindo de arcos de ferro fundido, os quais alcançam um vão central de 30 metros (Figura 24) (TANG, 2007).

Figura 24 - Arco de Ferro Coalbrookdale



Fonte: Jesus (2013)

O betão ou concreto surgiu apenas no final do século XIX, quando o processo construtivo de pontes metálicas já estava acontecendo. Em 1875, a primeira ponte em concreto armado foi edificada, a pedido de Taupinart de Tilière, proprietário do Château de Chazelet, na França - Joseph Monier projetou e construiu uma ponte de betão armado que cruzou seu castelo. Com uma extensão de 13,80 metros e uma largura de 4,25 metros, essa ponte existe ainda nos dias de hoje (Figura 25). Após isso, mais avanços em grande escala ocorreram no desenvolvimento das técnicas construtivas e sistemas estruturais de pontes, ainda que a utilização de pedras e tijolos se prolonguem até os nossos dias atuais (MARÉ, 2011).

Figura 25 - Primeira Ponte em Betão Armado



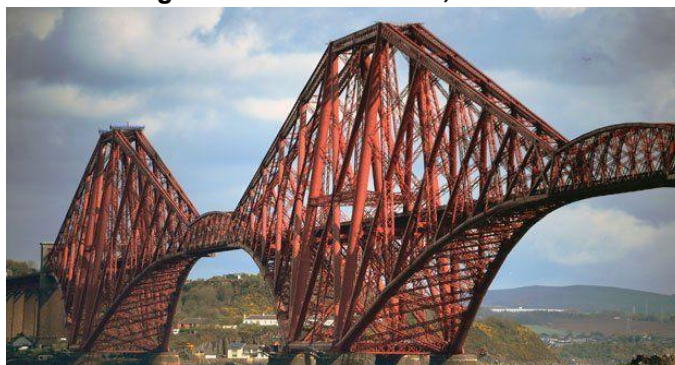
Fonte: Instituto Militar de Engenharia (2021)

Já o aço, quando surgiu, mudou completamente a situação do desenvolvimento dos projetos de pontes. Pontes de diferentes tipos, como pontes em viga longa, suspensas e as tão famosas pontes estaiadas, só foram possíveis por conta da introdução do aço. Seguindo esse princípio, pode-se constatar que foi apenas por volta dos últimos 150 anos que houve uma maior variação dos estilos de pontes, que até então, pelos últimos milênios, vinha sendo dominado pelas pontes em arco (TANG, 2007).

Tang (2007) resume a atuação do aço nas construções de pontes em três grupos: o primeiro seria o uso de chapas de aço para materialização de vigas e torres de pontes; o segundo seria a utilização de fios de aço de alta resistência na construção de cabos para pontes suspensas e estaiadas e; por último, barras de aço em concreto armado e fios de alta resistência atuando como tendões de protensão.

Uma das primeiras e mais extraordinárias pontes de aço, a Firth of Forth (Figura 26), com 521m de extensão, foi construída no ano de 1890 (TANG, 2007).

Figura 26 - Firth of Forth, Escócia

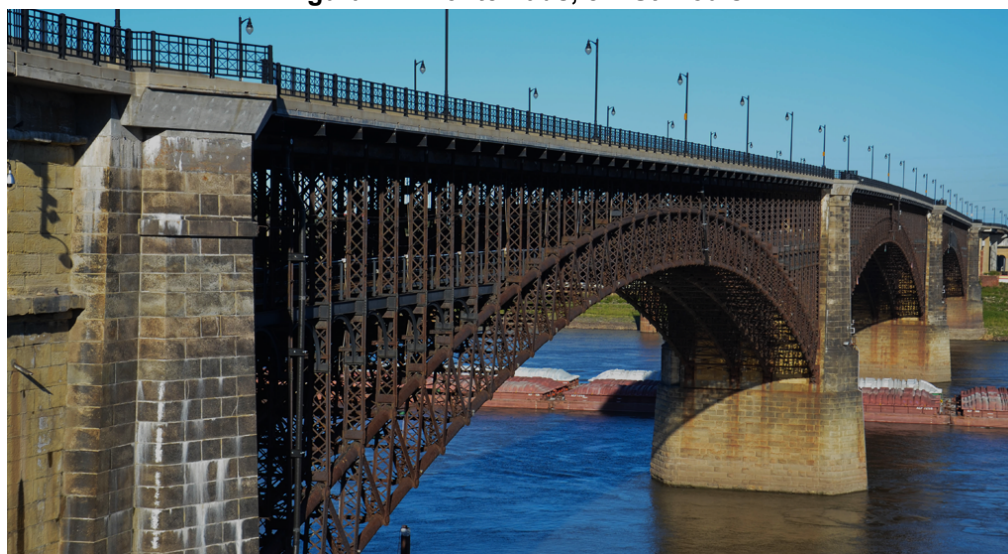


Fonte: Grilo (2015)

Vinte e sete anos após a Firth of Forth ser construída, a Ponte Quebec foi edificada seguindo o mesmo estilo, onde os elementos de compressão na treliça são tubos de aço. Essa ponte foi construída para substituir a ponte Firth of Tay, que colapsou em 1879. Por um longo período, a Ponte Quebec foi considerada uma estrutura esteticamente desagradável, o que a ajudou a ganhar muita fama; apesar disso, essa ponte está servindo com sucesso seu propósito até os dias atuais (TANG, 2007).

À medida que o aço foi introduzido na construção de pontes, várias outras grandes e importantes pontes passaram a ser erigidas com esse material; é o caso da ponte Eads (Figura 27) de St. Louis, nos Estados Unidos, concluída em 1874; e da Hell Gate Bridge (Figura 28), construída em Nova York, a qual foi projetada para receber pesadas cargas ferroviárias (TANG, 2007).

Figura 27 - Ponte Eads, em St. Louis



Fonte: Giassi Ferro & Aço (2018)

Quando a obra de uma ponte se finalizava, ficava nítida a inspiração causada pelas técnicas aplicadas na estrutura construída. O modelo da Hell Gate, por exemplo, levou à construção de duas famosas pontes de arco em aço: a Sydney Harbour Bridge (Figura 29), na Austrália, e a Ponte Bayonne (Figura 30), em Nova York (TANG, 2007).

Figura 28 - Hell Gate Bridge, em Nova York



Fonte: Wikipédia (2022)

Figura 29 - Sydney Harbour Bridge, na Austrália



Fonte: Britannica (2020)

Figura 30 - Ponte Bayonne, em Nova York



Fonte: Wikipédia (2022)

Atualmente, os recordes de pontes em arco de aço mais longas do mundo estão com as pontes Pingnan (Figura 31), Lupu (Figura 32) e Chaotianmen (Figura 33), todas na China. Essa nova geração de pontes em arcos é muito mais esbelta que as de outros períodos, e o conceito de ter apenas esforços de compressão nos elementos já não faz mais sentido, pois agora os esforços de tração podem ser suportados pelo aço (TANG, 2007).

Figura 31 - Ponte Pingnan, na China



Fonte: Portuguese People CN (2020)

Figura 32 - Ponte Lupu, na China



Fonte: Blog Spot (2014)

Figura 33 - Ponte Chaotianmen, na China



Fonte: Blog Spot (2014)

2.2.4.3 Soluções

O desenvolvimento de estradas sempre foi um fator determinante para que ocorresse o progresso das pontes. A partir do século XIX, com o aumento dos caminhos de ferro, o modelo construtivo das pontes metálicas cresceu em ritmo acelerado, concorrendo diretamente com aquele representado pelas pontes em alvenaria (JESUS, 2013).

No início, eram projetadas estruturas mistas, que se constituíam de vigas metálicas reticuladas apoiadas em pilares construídos em alvenaria. Esse tipo de ponte futuramente seria submetida a uma sobrecarga por conta das locomotivas a vapor, que se tornaram cada vez maiores e mais pesadas. Por conta disso, algumas destas pontes foram substituídas ao longo do tempo por pontes em arco de alvenaria (JESUS, 2013).

Atualmente, conforme a NBR 7188 que discorre sobre Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre, para cálculos de carregamento deve-se levar em conta cargas concentradas e uniformemente distribuídas, considerando três classes de pontes, todas em razão dos pesos dos veículos, são elas: (i) Classe 45: com base em automóveis de 45 tf; (ii) Classe 30: com base em automóveis de 30 tf; e (iii) Classe 12: com base em automóveis de 12 tf. Para considerações em projeto, a carga móvel admite qualquer posição na pista, com as rodas na posição mais desfavorável (EL DEBS & TAKEYA, 2007).

E é o século XX que apresenta as mais importantes construções de ponte em arco de alvenaria. O betão e a produção artificial de cimento como novos materiais construtivos são vistos pelos engenheiros de pontes como soluções na produção destas estruturas, já que trazem economia e facilidade construtiva se comparadas às estruturas em alvenaria de pedra (JESUS, 2013).

O avanço dos viadutos ferroviários fez com que os projetos de pontes se tornassem cada vez mais audaciosos. Isso é perceptível, por exemplo, pelo emprego de pilares cada vez mais esbeltos à medida que o conhecimento sobre os materiais avançava. Um caso relativo a isso é a Ponte Duarte Pacheco (Figura 34), construída sobre o Rio Tâmega, no distrito de Porto, em Portugal (MARÉ, 2011). Essa ponte foi produzida em cantaria de granito e é composta por três abóbadas de 40 metros de vão, de tímpanos⁷ vazados por vãos com comprimento de 3,1 metros.

⁷ Tímpano é a parte de uma ponte compreendida entre a face curva exterior ou superior de um arco ou abóbada e a face inferior do pavimento.

Seus dois arcos em suas extremidades e os muros de alvenaria aparelhada também não passam despercebidos. Como solução para as fundações dos pilares centrais, utilizaram-se de caixões de ar comprimido, construídos in loco, que chegaram a uma profundidade máxima de 25 metros abaixo do leito do rio (MARÉ, 2011).

Figura 34 - Ponte Duarte Pacheco, no Porto



Fonte: Maré (2011)

Para Maré (2011), fica claro que, desde o Renascimento - onde as teorias da resistência dos materiais começaram a se consagrar - até os dias atuais, foram incontáveis avanços aplicados nas técnicas construtivas que resultaram em grandes soluções, principalmente quando se olha para as pontes de cantaria.

Tanto os métodos quanto as ferramentas, regras de cálculo e processos construtivos progrediram - o que antes não era considerado tão importante, com estudos foram se tornando cada vez mais complexos e necessários, como é o caso dos cimbres⁸. Como exemplo, temos a já citada Ponte Duarte Pacheco: nela foi adotado o cimbra suspenso como solução para driblar as cheias do rio, cujo descimbramento ocorreu apenas afrouxando-se os cabos de suspensão (MARÉ, 2011).

⁸ Cimbra é uma armação normalmente de madeira ou metal que é usada como molde na construção de arcos, abóbadas ou cúpulas. Esta estrutura temporária suporta os vários elementos durante a edificação até ocorrer a consolidação dos componentes.

3. OS JOGOS COMO ALTERNATIVA LÚDICO-EDUCATIVA

3.1 A origem dos jogos

Os jogos, assim como as pontes, estão presentes no cotidiano da humanidade desde tempos muito antigos. Murcia (2005) afirma que as atividades lúdicas⁹ estão profundamente conectadas com o ser humano, e o desenvolvimento dos jogos pode estar associado à identidade de um povo, podendo até mesmo serem considerados geradores de cultura.

Antigamente, os jogos eram utilizados para educar as elites. No Oriente, o jogo tipo “go” (que significa “jogo de cercar”) desempenhou um papel importante no progresso intelectual da nobreza chinesa. Há fortes evidências de que esse jogo foi aplicado na preparação de líderes militares chineses, e muitas de suas regras são baseadas em táticas militares reais (LOPES; FONSECA, 2012).

Outros jogos muito utilizados no treinamento de estratégias militares foram os de tabuleiro. Há histórias da Grécia Antiga que contam sobre Aquiles e Ajax jogando “Petteia”, um tipo de jogo de tabuleiro, durante o cerco de Tróia. A aptidão de jogar bem esse jogo era tida como um significativo atributo militar (LOPES; FONSECA, 2012).

No Ocidente, soldados em miniatura foram introduzidos na educação dos jovens príncipes desde o século XVI. Foi somente após a industrialização e a consequente queda dos custos de fabricação das peças que a burguesia também passou a ter acesso a esses jogos. E foi apenas no final do século XIX que os primeiros *wargames* passaram a ser amplamente comercializados (LOPES; FONSECA, 2012).

A presença constante dos jogos nas civilizações é indiscutível - às vezes mais, às vezes menos, o ser humano sempre esteve envolvido nessa atividade, o que permite dizer que ela sempre esteve ligada à cultura, à história das pessoas, à arte, ao mágico, aos costumes, à literatura, à guerra, e à comunicação (MURCIA, 2005). Além disso, fica evidenciado o caráter de aprendizagem que ele pode conter, vide o exemplo dos jogos que visavam aprimorar os conhecimentos militares.

⁹ Atividade lúdica é qualquer ação que, ao ser realizada, tem como objetivo gerar prazer ao praticante. Incluem-se nessas atividades: jogos infantis, recreação, competições, representações litúrgicas e teatrais, e os jogos de azar.

3.2 Jogo: um recurso didático

Mesmo sendo um fenômeno que faz parte da história de diferentes culturas e um recurso de aprimoramento do aprendizado que ultrapassa os métodos formais de ensino-aprendizagem das instituições clássicas de ensino, os jogos não eram bem aceitos e nem considerados bons aliados pela pedagogia tradicional. Atualmente essa já não é mais uma realidade, e o jogo passou a ser usado como meio formativo tanto na infância quanto na adolescência, sendo um elemento metodológico ideal para contemplar os educandos numa formação integral (MURCIA, 2005).

Recursos didáticos como os jogos são úteis nos processos de ensino, pois configuram-se como alternativas que contribuem para a construção do conhecimento e para o aprendizado dos educandos de maneira lúdica. Dessa forma, essas atividades vêm se destacando em diversas abordagens referentes ao ensino, já que elas fornecem ao educador a oportunidade de conhecer a personalidade e as características comportamentais dos alunos, o que pode ajudar no planejamento de estratégias pedagógicas e na formação de um ambiente de ensino que promova a motivação para uma melhor aprendizagem (ALMEIDA et al., 2021).

A ludicidade associada ao jogar ainda permite o desenvolvimento dinâmico de aspectos relacionados aos domínios cognitivo, emocional, social, linguístico, motor, etc (ALMEIDA et al., 2021). Sob esse ponto de vista, Murcia (2005) completa que o jogo aprimora a identidade do grupo social e aumenta a concordância e a solidariedade desse grupo - portanto, favorece os sentimentos de comunidade. Já quando se analisa o jogo como uma conversa entre o indivíduo e ele mesmo (pois o outro é seu oponente), ocorre uma transição do comportamento e das estratégias tratadas no âmbito intrapessoal para o interpessoal (CORDEIRO; SILVA, 2012).

É importante ressaltar que o jogo e o brinquedo são distintos entre si, diferenciando-se pelas regras impostas, as quais estão presentes no primeiro, mas não no segundo. Pode-se dizer que a existência das regras e o cumprimento delas por parte dos jogadores motiva e desafia os mesmos no momento da competição, incitando a adoção de estratégias e a estruturação dos modos de pensar e agir (CORDEIRO; SILVA, 2012).

É também nos momentos de derrota em um jogo que o indivíduo pode se conhecer melhor, identificar suas competências e reconhecer o que pode ser

aperfeiçoado. Trabalha-se com as questões relacionadas ao “saber perder” e as consequências disso, numa motivação que se transforma em análise, trabalho e dedicação para que a derrota não ocorra novamente (CORDEIRO; SILVA, 2012). Por isso, pode-se afirmar que o jogo não define apenas a relação do sujeito com o objeto, mas também a relação do sujeito com outros competidores, desenvolvendo suas habilidades sociais (RIZZI; HAYDT, 2001). Outrossim, é capaz de desenvolver a relação de si consigo mesmo, num processo de autocrítica.

Incitar a competição permite ao jogador ir em busca de desafios cada vez maiores, com o objetivo de sempre superar a si mesmo, pois é na competição que ocorre essa constante auto-avaliação do sujeito, incluindo um julgamento de suas habilidades, e aperfeiçoando a cooperação e o respeito às ações e limitações da equipe com a qual se está jogando. O crescente desenvolvimento de estratégias acontece quando a dinâmica do jogo proporciona a investigação das táticas, de modo desafiador e motivante (CORDEIRO; SILVA, 2012).

Enquanto analisa-se a partida, a reflexão sobre as estratégias - tanto as intuitivas, quanto as lógicas - acontece sem que o jogador note, visto que estudar as jogadas é uma imposição do próprio jogo por si mesmo. Isso leva à identificação das ações avaliadas como erradas, ao entendimento das variáveis envolvidas nessas ações e à busca por alternativas para resolver tais problemas a tempo de ganhar o jogo. Então, a avaliação dos erros e acertos é dada de maneira dinâmica e eficiente, possibilitando a (re)criação das táticas em questão. Nesse sentido, os professores, na posição de observadores do processo, podem ser capazes de analisar e compreender o raciocínio dos alunos por meio de observação direta e também pela elaboração de perguntas aos concorrentes, o que permite lapidar as relações de ensino e aprendizagem (CORDEIRO; SILVA, 2012).

Por isso, pode-se dizer que as características do próprio jogo o tornam uma ferramenta ideal de aprendizagem e comunicação, pois exercitam os hábitos intelectuais, físicos, sociais e morais de um indivíduo. Divertir-se e engajar-se na aprendizagem permite que as crianças e jovens se desenvolvam e participem ativamente do processo educacional (MURCIA, 2005).

A fim de tornar a sala de aula um ambiente mais agradável e atraente para os alunos, e visando melhorias na qualidade de ensino, professores passaram a introduzir modelos, figuras e jogos educacionais no intuito de melhor ilustrar os ensinamentos, tornando-os mais claros e acessíveis pelo apelo à pluralidade de

recursos. E aquilo que em épocas anteriores não era bem aceito, passou inclusive a fazer parte dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)¹⁰, por desenvolver competências emocionais e de relacionamento interpessoal, possibilitando que os alunos reflitam sobre seu próprio pensamento na perspectiva dos outros (FOCETOLA, 2012).

O lado vantajoso e significativo no emprego dos jogos educacionais é o baixo custo e a não necessidade de equipamentos auxiliares para sua aplicação. Todavia, os jogos não devem ser vistos apenas como sinônimo diversão, muito menos ser o único recurso de aprendizagem utilizado; devem, por outro lado, constituir-se como ferramenta complementar de participação ativa no processo de conhecimento (FOCETOLA, 2012).

Ainda que muitos não reconheçam de imediato, os jogos atravessam a fase da infância e permanecem constantes em grande parte das iniciativas racionais que tomamos em nosso cotidiano. O processo de tomada de decisões acompanha o ser humano em quase todas as suas atividades, e o desenvolvimento de uma inteligência emocional e comportamental pode ser crucial para um bom desempenho nas tarefas do dia a dia. Assim, o jogo torna-se ferramenta de evolução, amadurecimento e aprendizagem para o sujeito, cumprindo sua missão de nutrir, formar e alimentar o desenvolvimento completo das pessoas (MURCIA, 2005).

3.3 Os jogos de cartas

Os jogos de cartas configuram-se como os mais populares do mundo inteiro, e guardam histórias incertas sobre sua origem e desenvolvimento. Acredita-se que seu surgimento ocorreu no Oriente, junto ao povo árabe, inicialmente como simples tiras de papel que representavam ossos, conchas e pedras usadas em rituais de adivinhação. Em meados do século XIV, as cartas trazidas pelos árabes se tornaram populares na Europa, onde se estabeleceu a forma do baralho moderno. A partir do século XVI, o povo europeu difundiu essas cartas pelo mundo todo e, desse modo, as cartas tornaram-se um fenômeno universal (MONSALVE, 2014).

¹⁰ São instruções formuladas pelo Governo Federal que orientam os parâmetros de educação no Brasil. Além das redes públicas, as redes privadas também adotam essas diretrizes.

Segundo Daniel (2021), os jogos de cartas podem ser divididos em diferentes categorias, de acordo com o objetivo do jogo e do modo de jogar que as envolve. São elas:

(i) jogos de truque: nesse tipo de jogo leva-se em consideração os valores das cartas jogadas e um contrato de leilão firmado entre os jogadores no início de cada rodada. Inclui certo número de descartes de acordo com as regras do jogo. É a classe que corresponde a jogos como o *bridge*.

(ii) jogos de correspondência: nessa categoria, o objetivo dos jogos é formar o maior número possível de grupos com cartas iguais. É a classe que corresponde a jogos como a caixeta e a canastra.

(iii) jogos de derramamento: aqui, o objetivo é que o jogador livre-se de todas as cartas que estiverem em sua posse. É a classe que corresponde a jogos como o Uno®, que possui um baralho específico.

(iv) jogos de pegar e coletar: nestes jogos, por outro lado, o objetivo é acumular o maior número de cartas do baralho. É a classe que corresponde a jogos como o rouba-monte.

(v) jogos de comparação: semelhantes aos jogos de truque, mas não há um contrato firmado entre os jogadores antes de cada rodada, o que pode caracterizá-los como “jogos de azar”. É o caso do pôquer e do truco.

(vi) jogos de paciência: são pensados para serem jogados por apenas uma pessoa, e envolve uma configuração inicial aleatória de cartas e jogadas que tendam a reagrupá-las.

(vii) jogos colecionáveis: aqui, colecionam-se cards que são representativos de algum grupo (desenho animado, filmes ou séries, por exemplo). É o caso de jogos como o Super Trunfo® e das cartas Yu-Gi-Oh!®.

Isto posto, o objetivo deste trabalho é o de reunir a revisão bibliográfica realizada sobre as tipologias de pontes e aliá-las ao desenvolvimento de um conjunto de cards (jogo colecionável). Intenta-se que este possa ser utilizado como recurso didático, pois as informações contidas nos cards fornecem uma ideia geral sobre o modelo estrutural da ponte, o local de sua construção e características gerais de projeto. De maneira secundária, o uso dos cards também pode ser uma ferramenta de estímulo às questões relacionadas ao fomento e ao interesse dos jogadores pelo campo da engenharia.

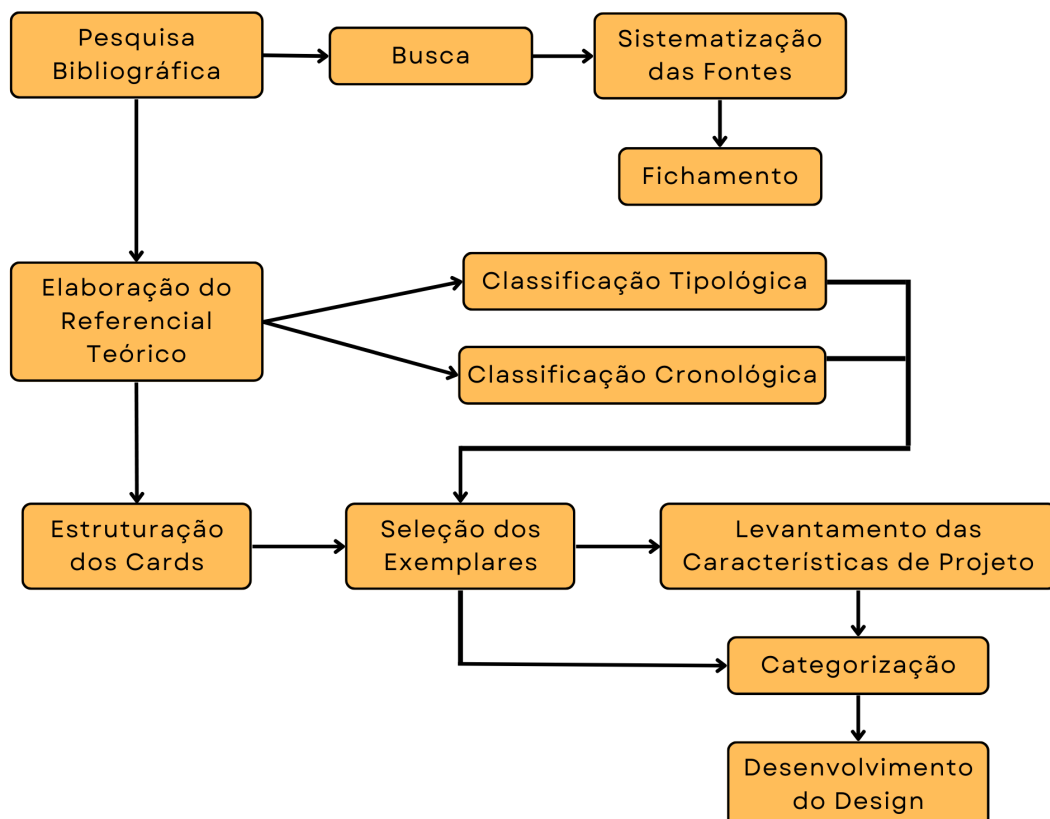
4. METODOLOGIA

4.1 A pesquisa

O presente trabalho apresenta-se, sobretudo, a partir de um carácter interdisciplinar. Por aliar conceitos e questões técnicas relativas à engenharia e, a partir disso, propor uma condensação dos conhecimentos pela elaboração de um conjunto de cards, este trabalho localiza-se na interface entre elementos dos campos da engenharia, da pedagogia e mesmo do design. Em razão de se tratar de um trabalho de conclusão de curso de uma graduação em engenharia civil, evidentemente deu-se maior ênfase à pesquisa bibliográfica sobre o tema de pontes, a qual permitiu angariar conhecimentos e questões técnicas trabalhados no decorrer do curso. A incorporação das outras áreas do conhecimento ocorreu de maneira periférica, em virtude da necessidade demandada pelo modelo lúdico-educativo da síntese dos conteúdos que aqui propomos.

As etapas seguidas por este trabalho compreendem aquilo que está esquematizado pela Figura 35.

Figura 35 - Organograma do esquema metodológico



Fonte: Autoria própria (2022)

Inicialmente, para ampliar os conhecimentos sobre o assunto abordado, foram feitas buscas de artigos científicos e trabalhos acadêmicos sobre o tema nas plataformas de pesquisa Google Acadêmico, Scielo e Roca. Em seguida, foi desenvolvida uma planilha de revisão bibliográfica, onde ranquearam-se os principais trabalhos encontrados. Dando sequência, desenvolveu-se o fichamento das bibliografias, descrevendo e identificando pontos de destaques nos textos e também observações pertinentes sobre eles.

Na revisão bibliográfica, num primeiro momento, estudou-se as possibilidades de categorização das tipologias de pontes segundo seu modelo estrutural, elencando os autores que os fizeram.

Num segundo momento, a análise do desenvolvimento das técnicas e dos materiais para construção de pontes foi elaborada a partir de divisões pensadas em marcos temporais da história mundial, focando em grandes civilizações e grandes impérios. A justificativa dessa escolha baseia-se no fato de que estes grupos enfrentavam desafios de relevo recorrentes quando da necessidade de domínio do seu território e, como já visto, esses desafios faziam com que o desenvolvimento das técnicas construtivas das pontes e dos materiais que as compunham fosse de grande importância. Os períodos históricos destacados foram a Idade Antiga (onde houve os primeiros registros do desenvolvimento de pontes), a Idade Média (onde a Igreja detinha o conhecimento das técnicas construtivas), a Idade Moderna (onde se percebe o início da globalização e a expansão dos conhecimentos técnicos) e a Idade Contemporânea (quando a Revolução Industrial coloca-se como principal marco produtivo, aliada ao advento do uso do aço enquanto material de construção). Também são citadas algumas particularidades de métodos, técnicas, sistemas construtivos e os materiais utilizados pelas civilizações nestes períodos.

No terceiro capítulo elencou-se a conexão existente entre os jogos e o ser humano, tanto num aspecto histórico quanto formativo. Buscou-se trabalhar também com o aspecto educativo que eles apresentam e a sua importância enquanto recurso de aprendizagem para o desenvolvimento do indivíduo.

Sequencialmente, as discussões dos resultados trazem breves explicações, curiosidades e informações adicionais sobre cada uma das pontes que constituem os cards, e o próprio design final dos mesmos. A escolha das amostras para compor os cards ocorreu a partir de um planejamento das principais características projetuais de cunho quantitativo (comprimento, largura, maior vão, altura livre e

tempo de construção) dos exemplares encontrados nas referências quando da produção da fundamentação teórica. Com base nisso, foram selecionadas as pontes que possuíam os atributos numéricos mais significativos. Aliado a isso, incorporou-se informações sobre o seu local e data de construção.

Para compor as categorias dos cards, propôs-se uma adaptação da classificação proposta por Tang (2007) - considerando as categorias elencadas pelo autor e incluindo a tipologia cantilever. Isso porque notou-se que a categoria de pontes cantilever não estava presente na classificação sugerida - embora esta se constitua como um modelo estrutural cujas soluções técnicas são relevantes em termos de engenharia (conforme descrito no subcapítulo pertinente). Além disso, durante o processo de categorização, percebeu-se que muitos dos exemplares poderiam pertencer a mais de uma classe tipológica. Assim, a divisão dos grupos de cards foi pensada levando em consideração uma tipologia estrutural comum e o material das pontes, estabelecendo-se os seguintes critérios:

(i) Grupo A - Pontes estaiadas: independente do modelo estrutural da viga e do pilar, considerou-se como pertencentes a este grupo aquelas que possuem, de fato, os estais;

(ii) Grupo B - Pontes suspensas: independente do modelo estrutural da viga e do pilar, considerou-se como pertencentes a este grupo aquelas que possuem, de fato, os cabos ligados a um cabo em formato parabólico;

(iii) Grupo C - Pontes em arco: considerou-se como pertencentes a este grupo as pontes que possuem estrutura em arco, e que utilizem concreto ou pedra como material principal;

(iv) Grupo D - Pontes em viga: considerou-se, essencialmente, as pontes formadas por vigas de concreto armado e protendido como pertencentes a este grupo;

(v) Grupo E - Pontes cantilever: considerou-se como pertencentes a este grupo as pontes que possuem sustentações apoiadas a uma estrutura sólida em apenas uma de suas extremidades.

Por fim, as conclusões trazem o fechamento do assunto, onde se estabelece alguns comentários sobre o que foi percebido ao longo do trabalho e uma retomada dos pontos principais.

4.2 O jogo

O jogo Mandachuva - Pontes busca sintetizar todo o processo de revisão bibliográfica, extraindo os aspectos mais relevantes do assunto para expressar uma ideia mais clara e precisa do que foi pesquisa nessa etapa. Os cards constituem-se de imagens e informações de projeto de pontes construídas nos períodos de tempo estudados, destacando sua classificação com base em seu sistema estrutural e características como: comprimento total, largura, maior vão, altura livre e tempo de construção. Essa análise teve como base artigos, dissertações e livros que tratam dessas estruturas.

O baralho é composto por 31 cartas, sendo 5 grupos com 6 cartas cada um, somando a estas a carta mandachuva, a qual apresenta-se como uma carta extra. O objetivo do jogo é conquistar todas as cartas do baralho. Comparando sua carta com as de outros jogadores, escolhe-se um atributo e vence o jogador que tiver o maior valor no atributo escolhido, ou, o menor, se for o caso do tempo de construção - pois nessa característica, o esquema é inversamente proporcional, de modo que as pontes que pontuam mais seriam aquelas com menor tempo de execução.

A partida começa quando as cartas são embaralhadas e distribuídas. Cada jogador forma uma pilha em sua mão, de forma que veja apenas a carta do topo. A pessoa à esquerda de quem distribuiu as cartas inicia a competição após analisar sua carta e dizer em voz alta a propriedade escolhida. Em seguida, em sentido horário, cada um que estiver jogando deve ler o valor correspondente a esta característica na sua carta de cima.

Quando sua carta vence, além do jogador continuar escolhendo a informação da próxima carta, ele ganha a carta dos seus oponentes, e a carta sucessora da sua pilha aparece para o início de uma nova rodada. Já se perder, o jogador vencedor da rodada leva as cartas dos demais e também ganha o direito de escolher o próximo atributo a ser comparado.

Quando ocorrer empate, quem não estiver envolvido deixa sua carta na mesa, e a decisão acontece em uma outra rodada, apenas com os que empataram. Assim, quem escolheu inicialmente, escolhe novamente uma característica na próxima carta de seu monte. O vitorioso conquista as cartas que estavam na mesa e as da rodada de desempate. Caso aconteça o empate e algum jogador não tenha mais cartas, a anterior volta para sua mão para ser usada no desempate.

A exceção do jogo acontece na carta com o selo de mandachuva. Essa carta ganha, no mínimo, em três características de todas as cartas do baralho, fazendo-a a mais forte do jogo. No momento em que a mandachuva aparecer na partida, não haverá necessidade de escolher uma característica, pois ela ganha automaticamente de qualquer outra carta do baralho, independentemente dos valores. O desafio acaba quando um jogador conquistar todas as cartas do baralho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Grupo A - Pontes Estaiadas

5.1.1 Ponte da Ilha Roussky

Até a inauguração da ponte Yavuz Sultan Selim, em Istambul, em 2015, essa era a ponte estaiada com o mais longo vão do mundo, com 1.104 m entre seus dois pilares (BASTOS et al, 2014).

Figura 36 - Card da Ponte da Ilha Roussky



Fonte: Autora (2022)

5.1.2 Ponte Papineau-Leblanc

A ponte encontra-se no Canadá, na Rodovia 19, e possui três faixas de tráfego em cada sentido, separadas por barreiras metálicas. Cerca de 56.000 veículos usam essa ponte todos os dias, para uma média anual de 20,4 milhões de

veículos. Outra curiosidade é que em sua extremidade sul, a ponte cruza o Parque Natural Île-de-la-Visitation para terminar no Boulevard Henri-Bourassa (PAPINEAU-LEBLANC BRIDGE, 2015).

Figura 37 - Card da Ponte Papineau-Leblanc



Fonte: Autora (2022)

5.1.3. Ponte Octávio Frias de Oliveira

Considerada um dos mais famosos cartões postais da cidade de São Paulo, essa ponte é composta por duas pistas estaiadas em curva independente de 60°, que cruzam o rio Pinheiros. Esta é a única ponte estaiada do mundo com duas pistas em curva conectadas a um mesmo mastro (TERZI, 2019).

Figura 38 - Card da Ponte Octávio Frias de Oliveira



Fonte: Autora (2022)

5.1.4 Ponte Baluarte

Em 2012, a Ponte Baluarte foi a segunda ponte mais alta do mundo depois daquela do Rio Sidu, na China. Ela está listada no Guinness Book of World Records como a ponte estaiada com a maior altura do convés (PRANDI, 2012).

Figura 39 - Card da Ponte Baluarte



Fonte: Autora (2022)

5.1.5 Ponte Newton Navarro

O projeto da ponte teve início oficialmente em 1992, porém para algumas construtoras, a obra parecia impossível e não acreditavam que o Estado teria capacidade para executar uma obra de tamanha grandiosidade. O projeto ficou parado por quatro anos. Até que em 2002, Wilma de Faria, quando assumiu o governo do estado do Rio Grande do Norte, conseguiu pôr o projeto em prática (G1 RN, 2017).

Figura 40 - Card da Ponte Newton Navarro



Fonte: Autora (2022)

5.1.6 Ponte Langkawi Sky

É a ponte curva mais longa do mundo para pedestres. Além deste recorde, a ponte é sustentada somente por um pilar de 82 metros de altura e presa por apenas oito cabos (MORÁS, 2016).

Figura 41 - Card da Ponte Langkawi Sky



Fonte: Autora (2022)

5.2 Grupo B - Pontes Suspensas

5.2.1 Tower Bridge

É um dos pontos turísticos mais visitados da cidade de Londres, além de ser conhecida como uma das pontes mais famosas do mundo, se destacando até mesmo em filmes. Ela está localizada ao lado da Torre de Londres (London Tickets, 2022).

Figura 42 - Card da Tower Bridge



Fonte: Autora (2022)

5.2.2 Ponte Golden Gate

Essa ponte é o principal cartão postal da cidade de São Francisco, uma das mais conhecidas construções dos Estados Unidos, e é considerada uma das Sete Maravilhas do Mundo Moderno pela Sociedade Americana de Engenheiros Civis (LACERDA, 2022).

Figura 43 - Card da Ponte Golden Gate



Fonte: Autora (2022)

5.2.3 Ponte do Rio Sidu

Essa é a ponte suspensa mais alta do mundo desde 2009. Ela desbancou a ponte Hegigio Gorge Pipeline, de 393 metros de altura, em Papua-Nova Guiné, construída em 2005 (GRUNDHAUSER, 2014).

Figura 44 - Card da Ponte Rio Sidu



Fonte: Autora (2022)

5.2.4 Ponte Kurushima-Kaikyo

É a maior ponte suspensa em estrutura do mundo (Kurushima Kaikyo Bridges, 2022).

Figura 45 - Card da Ponte Kurushima-Kaikyo



Fonte: Autora (2022)

5.2.5 Ponte Hercílio Luz

É a maior ponte pênsil do Brasil e possui o 132º maior vão pênsil do mundo, com 339 metros. Ela também é um dos grandes cartões postais da cidade de Florianópolis-SC (Pousada dos Sonhos, 2022).

Figura 46 - Card da Ponte Hercílio Luz



Fonte: Autora (2022)

5.2.6 Ponte Brooklyn

Assim que foi concluída, era a maior ponte suspensa do mundo, e a primeira a utilizar-se de cabos. Foi a primeira ponte de aço suspensa do mundo e suas imensas torres de suporte já foram as estruturas mais altas de toda a cidade de Nova Iorque. Essa ponte também é muito famosa por aparecer em filmes que se passam na cidade (Viajento, 2022).

Figura 47 - Card da Ponte Brooklyn



Fonte: Autora (2022)

5.3 Grupo C - Pontes em Arco

5.3.1 Ponte Vecchio

A Ponte Vecchio é a única ponte em Florença poupada da destruição durante a Segunda Guerra Mundial. É famosa por ter lojas ao longo de todo o seu tabuleiro, e o que inicialmente era composto por açougueiros e fazendeiros, hoje essas lojas têm como inquilinos joalheiros, vendedores de arte e ourivesarias (MARÉ, 2011).

Figura 48 - Card da Ponte Vecchio



Fonte: Autora (2022)

5.3.2 Ponte de La Concorde

A Ponte de La Concorde é uma ponte sobre o Sena, em Paris. Já teve outros nomes como "Pont Louis XVI" e "Pont de la Révolution", mas em 1830, seu nome foi alterado novamente para Pont de la Concorde, nome que mantém até os dias atuais (PERKOVIC, 2019).

Figura 49 - Card da Ponte de La Concorde



Fonte: Autora (2022)

5.3.3 Ponte Bloukrans

A Ponte Bloukrans é o local do bungee jumping de ponte comercial mais alto do mundo, com 216 metros, e é operado há 25 anos pela Face Adrenalin, a qual é reconhecida por nunca ter tido acidentes. O rio Bloukrans abaixo forma a fronteira entre as províncias de Eastern Cape e Western Cape, na África do Sul (Get Your Guide, 2022).

Figura 50 - Card da Ponte Bloukrans

C

Ponte Bloukrans
Kareedouw
Cabo Oriental

 **África do sul**

Comprimento total
 **451 m**

Altura livre
 **216 m**

Largura
 **16 m**

Tempo de construção
 **3 anos**

Maior vão
 **272 m**

Ano de construção
1980 a 1983

MANDA CHUVA
pontes

Fonte: Autora (2022)

5.3.4 Ponte Zhaozhou

Essa ponte foi concluída por volta do ano 605. Além dela ser a ponte mais antiga da China, é também considerada a ponte de pedra em arco segmentar mais antiga do mundo (VALERIANO, 2021).

Figura 51 - Card da Ponte Zhaozhou



C



Ponte Zhaozhou
Shijiazhuang
Hebei



China

Comprimento total
51 m

Altura livre
7,3 m

Largura
9,6 m

Tempo de construção
10 anos

Maior vão
37,47 m

Ano de construção
595 a 605

MANDA CHUVA pontes



Fonte: Autora (2022)

5.3.5 Ponte da Amizade

Essa ponte foi fator decisivo de atração de investimentos e negócios entre os dois países (Brasil e Paraguai). Com um deslocamento de mais de 40 mil pessoas e 80 mil veículos atravessando a fronteira diariamente, o crescimento constante desse fluxo faz dessa ponte uma das mais movimentadas do Brasil (Rotas de Viagem, 2020).

Figura 52 - Card da Ponte da Amizade



Fonte: Autora (2022)

5.3.6 Ponte Ferroviária de Beipanjiang Qinglong

Essa ponte atravessa o rio Beipan Jiang e é considerada a ponte ferroviária mais alta do mundo (Highest Bridges.com, 2020).

Figura 53 - Card da Ponte Ferroviária de Beipanjiang Qinglong



Fonte: Autora (2022)

5.4 Grupo D - Pontes em Viga

5.4.1 Ponte Rio-Niterói

Antes de ser concluída, a rota Rio-Niterói exigia cerca de 120 quilômetros de rodovia ou de balsa, o que hoje é resolvido em menos de 14 quilômetros. Atualmente, é a maior ponte da América Latina e a maior ponte de concreto protendido do Hemisfério Sul. Por ela trafegam mais de 150.000 passageiros por dia (GUIMARÃES, 2022).

Figura 54 - Card da Ponte Rio-Niterói



Fonte: Autora (2022)

5.4.2 Ponte Tasman

Essa é uma ponte de cinco pistas sobre o rio Derwent, na Austrália. Ela fornece as principais rotas de transporte do centro financeiro da costa oeste para a costa leste - especificamente para o Aeroporto Internacional de Hobart e Bellerive Owa (Shutterstock, 2022).

Figura 55 - Card da Ponte Tasman



Fonte: Autora (2022)

5.4.3 Ponte Europabrücke

Por essa ponte passa a auto-estrada A13 (rota europeia E45), onde tem-se o principal trajeto do oeste da Áustria ou do sudeste da Alemanha até a Itália. Até 2004, quando inaugurou-se o Viaduto de Milliau ela era a ponte mais alta da Europa (GONÇALVES, 2017).

Figura 56 - Card da Ponte Europabrücke



Fonte: Autora (2022)

5.4.4 Ponte da Olândia

Essa ponte atravessa o Estreito de Kalmar e é considerada a maior ponte da Suécia em extensão (Oland Bridge, 2022).

Figura 57 - Card da Ponte da Olândia

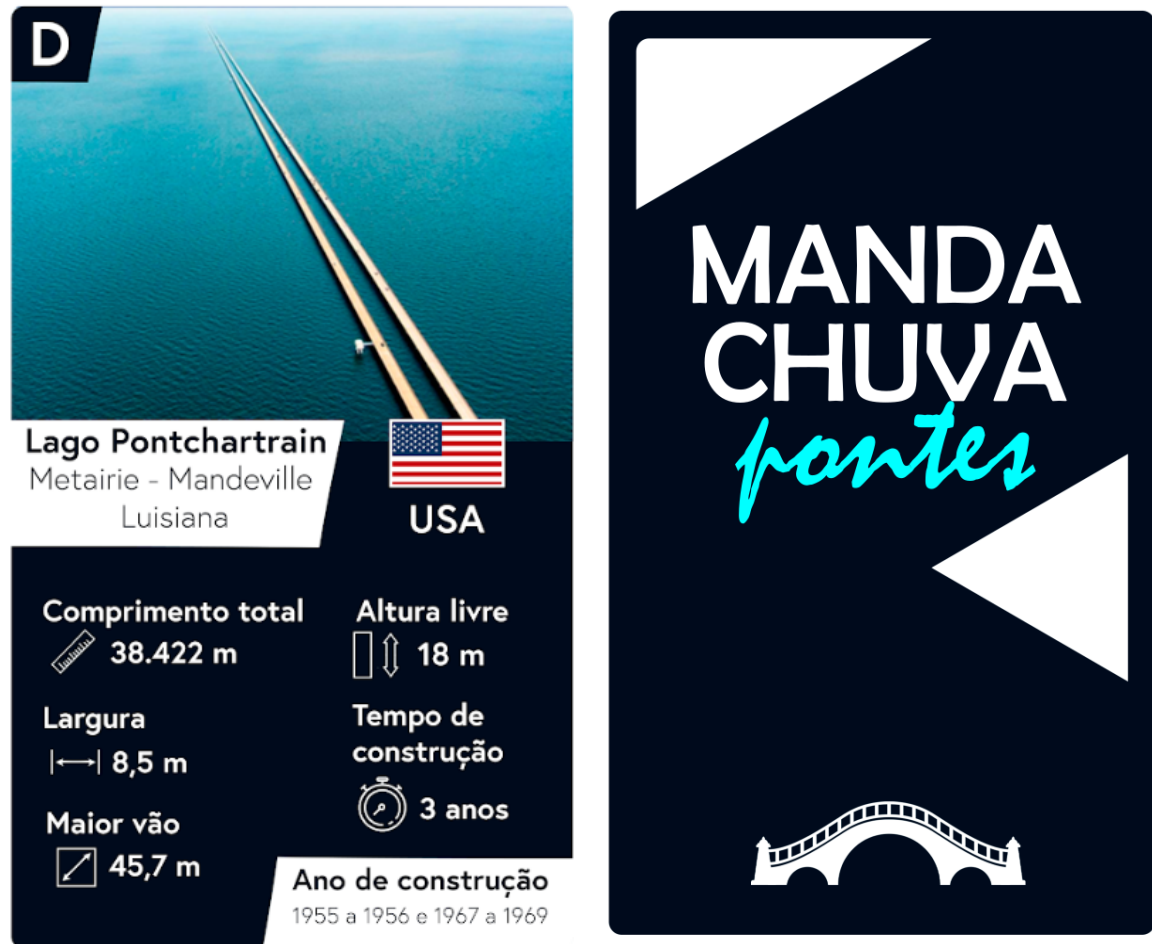


Fonte: Autora (2022)

5.4.5 Ponte do Lago Pontchartrain

Sendo a quarta ponte mais extensa do mundo, a possibilidade do uso de concreto protendido na construção tornou essa ideia possível. Inicialmente apenas uma das pontes foi construída; a segunda foi concebida quando o fluxo viário aumentou a ponto de ser clara a necessidade de uma nova via (iStock, 2018).

Figura 58 - Card da Ponte do Lago Pontchartrain



Fonte: Autora (2022)

5.4.6 Terceira Ponte

Esta é a maior ponte em extensão do estado do Espírito Santos, e a quinta maior do Brasil, tornando-se um cartão-postal para quem passa no local (Tripadvisor, 2022).

Figura 59 - Card da Terceira Ponte



Fonte: Autora (2022)

5.5 Grupo E - Pontes Cantilever

5.5.1 Ponte Astoria-Megler

A US Route 101 que conecta Los Angeles a Olympia, nos Estados Unidos, atravessa essa ponte. Uma outra curiosidade é que a estrutura dessa ponte foi projetada para suportar velocidades de vento de até 240 km/h devido aos furacões que podem ocorrer no local (Tripadvisor, 2022).

Figura 60 - Card da Ponte Astoria-Megler



E

Astoria-Megler
Astoria - Megler
Oregon - Washington



USA

Comprimento total  6.545 m	Altura livre  60 m
Largura  8,5 m	Tempo de construção  4 anos
Maior vão  752 m	Ano de construção 1962 a 1966

MANDA CHUVA
pontes



Fonte: Autora (2022)

5.5.2 Ponte Quebec

É a maior ponte cantilever em vão do mundo. Ela também é lembrada por ter sua construção em três tomadas devido a dois colapsos: o primeiro deles foi após quatro anos de obra, em 1907, deixando diversos mortos e feridos; o segundo colapso foi após retomarem com o projeto depois da correção dos erros de cálculo, em 1916, enquanto a parte central pré-fabricada era levantada por macacos hidráulicos para serem fixados nas duas seções reconstruídas (Tripadvisor, 2015).

Figura 61- Card da Ponte Quebec



Fonte: Autora (2022)

5.5.3 Ponte Howrah

Considerando o vão principal, essa é a sexta maior ponte desse tipo no mundo. A princípio era conhecida como "Nova Ponte Howrah", mas comumente é referida apenas como a Ponte Howrah (MAJUMDER, 2020).

Figura 62 - Card da Ponte Howrah



Fonte: Autora (2022)

5.5.4 Ponte Jacques-Cartier

Seu nome é em homenagem ao Jacques Cartier, um explorador francês que esteve envolvido na descoberta das regiões canadenses. Em média 35,4 milhões de veículos passam pela ponte por ano, com isso, ela passa a ser a segunda ponte mais movimentada no Canadá (Wiki, 2022).

Figura 63 - Card da Ponte Jacques-Cartier



Fonte: Autora (2022)

5.5.5 Ponte do Portão de Tóquio

A Ponte do Portão de Tóquio, também conhecida como a ponte do dinossauro por causa de sua estrutura única, atende ao requisito de ser alta o suficiente para permitir que navios grandes passem abaixo, mas baixa o suficiente para não interferir no tráfego aéreo para o aeroporto de Haneda, que fica em suas proximidades. É uma ponte em balanço duplo, o que significa que as seções de treliça em ambos os lados podem ser feitas em equilíbrio e depois conectadas adicionando-se um vão central relativamente curto (Can Stock Photo, 2022).

Figura 64 - Card da Ponte do Portão de Tóquio



Fonte: Autora (2022)

5.5.6 Ponte Forth

É a segunda ponte ferroviária cantilever de vão livre mais longa do mundo e a primeira ponte ferroviária em escala real já construída. Ela é usada apenas para o tráfego ferroviário e constitui um importante polo de transporte entre o Nordeste e o Sudeste do país (HOLANDA et al., 2018).

Figura 65 - Card da Ponte Forth



Fonte: Autora (2022)

5.6 Mandachuva

5.6.1 Ponte Çanakkale 1915

Assim que foi concluída, a Ponte Çanakkale 1915 tornou-se a ponte pênsil mais longa do mundo. Projetada para ligar a costa europeia e asiática da Turquia, a ponte foi nomeada em tributo ao marcante ano da vitória naval otomana sobre a Grã-Bretanha e a França durante a Primeira Guerra Mundial (CasaCor, 2022).

Figura 66 - Card da Ponte Çanakkale 1915



MANDA CHUVA
pontes

Çanakkale 1915
Çanakkale
Marmara

Turquia

Comprimento total
4.608 m

Altura livre
70 m

Largura
45,06 m

Tempo de construção
5 anos

Maior vão
2.023 m

Ano de construção
2017 a 2022

Fonte: Autora (2022)

Analisando de um modo geral, as pontes suspensas, desenvolvidas já na Idade Contemporânea, são as que mais alcançam grandes distâncias, levando-se em conta a extensão do vão, e comparando-as aos demais tipos de pontes. Pode-se citar países que se destacam na construção desse tipo de ponte, como China, Japão, Estados Unidos, Reino Unido e Turquia.

As pontes estaiadas, também aperfeiçoadas na Idade Contemporânea, onde seus estudos se dão nos anos de 1950, de fato alcançam menores vãos que as pontes suspensas, já que as colunas de sustentação dos estais devem ser altas e, conseqüentemente, mais instáveis e expostas a forças aerodinâmicas. Durante as pesquisas, fica perceptível na lista de pontes estaiadas com maiores vãos do mundo a grande quantidade de pontes dessa tipologia presentes na China e no Japão.

As pontes em arco, que estão presentes desde a Idade Antiga, atualmente com o uso do aço, concreto armado e ferro fundido como materiais construtivos, se apresentam com grandes extensões de comprimento e vão, mas nem sempre foram

assim. Essas estruturas antigamente feitas majoritariamente de pedras e tijolos cruzavam obstáculos bem menores. Apesar desse estilo de ponte ter se desenvolvido na Europa, elas se espalharam pelo mundo todo. E os países que se destacam nos dias de hoje, trazendo grandes pontes em arco são principalmente a China e os Estados Unidos.

As pontes em viga, que são detentoras do estilo mais comum de ponte, estão presentes pelo mundo todo há milhares de anos. Sua popularidade pode ser em razão do seu baixo custo, quando comparado a outros modelos de pontes (FERNANDES, 2017). Elas podem alcançar grandes extensões em comprimento, chegando a vários quilômetros.

As pontes cantilever, também otimizadas durante a Idade Contemporânea, foram fundamentais em locais onde não era possível a construção de arcos ou andaimes escorados no solo. Estados Unidos, Canadá e Noruega são os países que mais se destacam quando se fala das maiores pontes cantilever do mundo considerando o tamanho do vão.

Outro fator perceptível é o tempo de construção das pontes a depender do seu período histórico. Nota-se que pontes mais recentes, maiores e mais complexas, são construídas em pouco tempo comparado a pontes menores, erguidas em séculos passados. Isso se deve ao aprimoramento nos modelos de estrutura e também às máquinas e tecnologias que surgiram e ajudaram a minimizar a força humana aplicada nas obras, reduzindo, juntamente, o tempo de construção das mesmas, aumentando ainda outros fatores como a sua qualidade e confiabilidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização desse estudo, percebe-se que as pontes constituem-se como grandes feitos da engenharia civil desde tempos remotos, e que o desenvolvimento da ciência dos materiais associou-se ao progresso das técnicas construtivas em prol da satisfação das necessidades e dos objetivos de cada civilização, no contexto do período histórico em que se encontravam. À medida que a possibilidade de uso de novos materiais surgia, o tipo de técnica aplicada à concepção estrutural das pontes também era renovada. Os sistemas estruturais foram se sobressaindo e evoluindo em complexidade em conformidade com o aprimoramento dos conhecimentos técnicos, e, assim, as tipologias das pontes foram se modificando para suprir as novas demandas da civilização, de maneira a assegurar sua solidez, estabilidade, segurança e, ao mesmo tempo, propor novos modelos em termos estéticos, funcionais e econômicos.

Ao comparar estruturas concebidas em períodos históricos distintos, como a Ponte 7 de pedra, e a ponte Çanakkale 1915, de aço, evidencia-se a maneira pela qual a engenharia de estruturas, e mais especificamente o estudo das tipologias estruturais de pontes, pode evoluir à medida que novos materiais são descobertos e que suas propriedades são pesquisadas. O avanço das técnicas tende a tornar as estruturas mais eficientes em termos de melhor aproveitamento das propriedades dos materiais, possibilitando melhorias econômicas e respeito às questões ambientais, inclusive.

Os fundamentos trabalhados ao longo desta pesquisa permitiram identificar que o desenvolvimento de pontes está fortemente ligado ao desenvolvimento do ser humano, não apenas no aspecto cognitivo, mas também (e especialmente) em termos de cultura e acumulação de conhecimento. Vê-se que a engenharia civil - como o próprio nome sugere - é, em si mesma, uma resposta às demandas sociais. Vale ressaltar que essa visão mais ampla sobre a ciência da engenharia civil, associada ao acompanhamento cronológico da evolução dos modelos estruturais, permite que, ainda que nos aprofundemos nos princípios técnicos que orientam e embasam a nossa formação, não deixemos de ter em mente os propósitos essenciais que a sustentam, enfatizando o trabalho do engenheiro civil como um agente técnico a serviço da sociedade.

Outrossim, o aspecto interdisciplinar desta pesquisa e o seu posicionamento na interface com outras áreas do conhecimento reforça esse ponto. Ao elaborar a síntese integradora da revisão bibliográfica por meio de uma proposta lúdico-educativa, corrobora-se para esse fim pois, além de elencar as características técnicas e projetuais de importantes pontes da história, os cards têm o potencial de colaborar enquanto recurso didático. Nesse sentido, são capazes de se colocar como uma ferramenta de ensino-aprendizagem a serviço do desenvolvimento intra e interpessoal de crianças, jovens e até mesmo adultos, desenvolvendo atributos intelectuais, físicos, sociais e morais do sujeito.

Portanto, este trabalho também encoraja o desenvolvimento de outras pesquisas de cunho interdisciplinar. Ao agregar o conhecimento técnico e associá-lo aos jogos enquanto ferramenta educativa e lúdica, permite-se a divulgação dos assuntos do campo da engenharia e também o estímulo ao interesse daqueles que possuem algum tipo de afinidade com a área. Trata-se de uma maneira de fomentar o desenvolvimento científico, numa tentativa de solucionar as demandas sociais pelo uso de propostas que sejam cada vez mais avançadas e eficientes em termos técnicos e tecnológicos.

REFERÊNCIAS

- A Ponte de Zhaozhou – Conto Popular Chinês. **Blog Spot**, 04 jul. 2021. Disponível em: <<http://tavernadascebolas.blogspot.com/2015/12/a-ponte-de-zhaozhou-conto-popular-chines.html>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.
- ALMEIDA, Franciane Silva; DE OLIVEIRA, Patrícia Batista; DOS REIS, Deyse Almeida. **A importância dos jogos didáticos no processo de ensino aprendizagem: Revisão integrativa**. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, p. e41210414309-e41210414309, 2021.
- ANDRADE, Luis Manuel Crespo de; ALEIXO, Sofia; FAUSTINO, Patrícia. Materiais e técnicas de construção do início do século XX em Portugal na revista A Construção Moderna. **Anais do 3º CIHCLB**, p. 1294-1307, 2019.
- ANDRADE, Luisa Guida. **AVALIAÇÃO DE MODELOS DE CARGA MÓVEL PARA PROJETO DE PONTES RODOVIÁRIAS DE PEQUENOS VÃOS**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ARAUJO, Matheus Treuk Medeiros de. O império persa e o pensamento político clássico: um panorama. **Revista Archai**, 2019.
- Astoria-Megler Bridge. **Tripadvisor**, 2022. Disponível em: <https://www.tripadvisor.com.br/Attraction_Review-g60806-d2437871-Reviews-Astoria_Megler_Bridge-Astoria_Oregon.html>. Acesso em: 14 de out. de 2022.
- BARBOSA, Michele Tupich. **Do Antigo Oriente Próximo a Roma: uma abordagem da antiguidade**. 2009.
- BASTOS, Vinícius Lopes et al. Desenvolvimento das Pontes Estaiadas. In: **VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas**. 2014.
- BAYONNE Bridge. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre, 2022. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bayonne_Bridge>. Acesso em: 07 de out. de 2022.
- Beipanjiang Railway Bridge Qinglong. **Highest Bridges.com**, 2020. Disponível em: <http://www.highestbridges.com/wiki/index.php?title=Beipanjiang_Railway_Bridge_Qinglong>. Acesso em: 12 de out. de 2022.
- BELARMINO, ARIEL DA SILVA et al. Criação e evolução das técnicas da engenharia na construção de pontes. **Revista FAROCIENCIA (ISSN 2359-1846)**, v. 4, 2016.
- BRANDÃO, José Luís; OLIVEIRA, Francisco de. **História de Roma Antiga I. Das origens à morte de César**. Imprensa da Universidade, 2015.
- CORDEIRO, Maria José; SILVA, V. N. A importância dos jogos para a aprendizagem da matemática. **Desenvolvimento socioeconômico no município de Juscimeira-MT**, v. 30, 2012.
- COSTA, Cristina Margarida Rodrigues et al. **Análise numérica e experimental do comportamento estrutural de pontes em arco de alvenaria de pedra**. 2009.

COSTA, Leandro Malveira Ferreira. **Investigação numérica de modelos de turbulência no escoamento do vento em pontes suspensas**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DANIEL, Túlio. **A história dos jogos de carta**. Gamegesis. 16 abr 2021. Disponível em: <<https://www.gamegesis.com/2021/04/16/a-historia-dos-jogos-de-carta/>>. Acesso em 09 de dez de 2022.

DE NONI, André et al. PROJETO PONTES DE PALITOS DE PICOLÉ. **Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC**, v. 7, n. 1, p. 66-77, 2022.

DE VASCONCELOS MARINHO, Diogo. **Métodos Construtivos de Pontes**. 2012. Tese de Doutorado. Instituto Politecnico do Porto (Portugal).

EL DEBS, M. K., TAKEYA, T. **Introdução às pontes de concreto**. São Carlos: Escola de Engenharia, 2007. Apostila para a disciplina SET – 412.

EL DEBS, M. K., TAKEYA, T. **Introdução às pontes de concreto**. São Carlos: Escola de Engenharia, 2009. 106p. Apostila para a disciplina SET – 412.

Em Natal, Ponte Newton Navarro terá faixa exclusiva para ônibus em horário de pico. **G1 RN**, Rio Grande do Norte, 13 de jul. de 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/em-natal-ponte-newton-navarro-tera-faixa-exclusiva-para-onibus-em-horario-de-pico.ghtml>>. Acesso em: 25 de out. de 2022.

FERNANDES, Antônio Vitor Barbosa et al. Uma introdução ao estudo das pontes em viga. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 4, n. 1, p. 115-115, 2017.

FOCETOLA, Patrícia Barreto Mathias et al. Os jogos educacionais de cartas como estratégia de ensino em química. **Química nova na escola**, v. 34, n. 4, p. 248-255, 2012.

GOMES, Renan Ribeiro Setubal. Aspectos técnicos e construtivos do projeto de uma ponte estaiada. **131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, 2013.

GONÇALVES, Alcides. Ponte com 190 m de altura. **Tripadvisor**, 25 nov. 2017. Disponível em: <https://www.tripadvisor.com.br/ShowUserReviews-g190445-d12409684-r543158373-Europabruecke-Innsbruck_Tirol_Austrian_Alps.html>. Acesso em: 07 de nov. de 2022.

GRILO, Lucas Figueiredo et al. **Estudo do comportamento de barras compostas comprimidas formadas por perfis tubulares circulares concêntricos laminados de aço**. 2015.

GRUNDHAUSER, Eric. Ponte do Rio Sidu. **Atlas Obscura**, 04 set. 2014. Disponível em: <https://www-atlasobscura-com.translate.goog/places/sidu-river-bridge?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc>. Acesso em: 07 de nov. de 2022.

GUIMARÃES, Ana Claudia. A Ponte Rio – Niterói tem o maior tráfego durante o carnaval dos últimos três anos. **O Globo**, São Paulo, 04 de mar. de 2022. Disponível em: <<https://blogs.oglobo.globo.com/ancelmo/post/ponte-rio-niteroi-tem-o-maior-trafe-go-durante-o-carnaval-dos-ultimos-tres-anos.html>>. Acesso em: 12 de out. de 2022.

HELL Gate Bridge. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre, 2022. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Hell_Gate_Bridge>. Acesso em: 07 de out. de 2022.

História e curiosidades sobre a simbólica Ponte da Amizade. **Rotas de Viagem**, 01 out. 2020. Disponível em: <<https://rotasdeviagem.com.br/historia-e-curiosidades-sobre-a-simbolica-ponte-da-amizade/>>. Acesso em: 12 de out. de 2022.

HOLANDA, Ivan; MESQUITA, Marcos; RAMOS, Rickardo. Equações matemáticas. **Atlante Cuadernos de Educación y Desarrollo**, n. marzo, 2018.

JESUS, João Jorge Carrazedo de. **Caraterização geométrico-estrutural de pontes em arco de alvenaria na região de Bragança**. 2013. Tese de Doutorado.

KORCHAGIN, Alexey; ZAYCEV, Dmitry. Evolution of project management in bridge construction. **Transportation Research Procedia**, v. 57, p. 325-331, 2021.

Kurushima Kaikyo Bridges. **Infra Tourism**, 2022. Disponível em: <<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/infratourism/en/pickup/kurushima/index01.html>>. Acesso em: 07 de out. de 2022.

LACERDA, Mariana. Golden Gate Bridge: Guia Completo de viagem. **Vida de Turista**, 11 jul. 2022. Disponível em: <<https://www.vidadeturista.com/artigos/golden-gate-bridge-san-francisco.html>>. Acesso em: 05 de out. de 2022.

LIMA, Fellipe de Andrade Abreu. **A ideia de cidade no renascimento**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Lista das maiores pontes cantilever do mundo. **Wiki**, 2022. Disponível em: <https://pt.frwiki.wiki/wiki/Liste_des_ponts_en_porte-à-faux_les_plus_longes_du_monde>. Acesso em: 09 de out. de 2022.

Lista das maiores pontes em arco. **Wiki**, 2022. Disponível em: <https://pt.frwiki.wiki/wiki/Liste_des_ponts_en_arc_les_plus_longes>. Acesso em: 09 de out. de 2022.

Lista de pontes estaiadas notáveis. **Wiki**, 2022. Disponível em: <https://pt.frwiki.wiki/wiki/Liste_de_ponts_à_haubans_remarquables>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

LOPES, AP Leme; FONSECA, Renato Berlim. Dados e cartas na escola: o potencial pedagógico dos jogos não-eletrônicos. In: **Proceedings of the XI Brazilian Symposium on Digital Games and Entertainment**. 2012.

Maior ponte em arco do mundo é aberta ao tráfego. **Portuguese People CN**, 29 dez. 2020. Disponível em:

<<http://portuguese.people.com.cn/n3/2020/1229/c309806-9803946.html>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

Maior ponte suspensa do mundo é inaugurada na Turquia. **CasaCor**, 08 abr. 2022. Disponível em:

<<https://casacor.abril.com.br/arquitetura/maior-ponte-suspensa-do-mundo-turquia/>>. Acesso em: 30 de out. de 2022.

MAJUMDER, Hitaishi. Contemple a ponte Howrah icônica de Calcutá em toda sua glória. **Itinari**, 17 jan. 2020. Disponível em:

<<https://www.itinari.com/pt/ behold-kolkata-s-iconic-howrah-bridge-in-all-its-glory-l8ic>>. Acesso em: 30 de out. de 2022.

MARÉ, Florbela Lima et al. **História das infra-estruturas rodoviárias**. 2011.

MONSALVE, Elizabeth Suescún. **Aprendizagem Baseada em Jogos**. 2014. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

MORÁS, Mônica. Langkawi e a sky bridge. **Eduardo e Mônica**, 25 mar. 2016. Disponível em:

<<https://www.eduardo-monica.com/new-blog/langkawi-e-a-sky-bridge>>. Acesso em: 02 de out. de 2022.

MURCIA, Juan Antonio M. **Aprendizagem através do jogo**. Artmed Editora, 2005.

Nova York – Brooklyn Bridge. **Viajento**, 05 nov. 2022. Disponível em:

<<https://viajento.com/2015/11/05/nova-york-brooklyn-bridge/>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

NUNES, Patricia Cristina Cunha. Estudo das Pontes. **TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO**, v. 10, n. 2, p. 121-134, 2019.

Oland Bridge. **Can Stock Photo**, 2022. Disponível em:

<<https://www.canstockphoto.com.br/oland-suécia-ponte-14923835.html>>. Acesso em: 13 de out. de 2022.

PADILHA, Luiz. Engenharia do Exército constrói a maior ponte militar da América Latina. **Defesa Aérea & Naval**, 23 nov. 2015. Disponível em:

<<https://www.defesaaereanaval.com.br/exercito/engenharia-do-exercito-constroi-maior-ponte-militar-da-america-latina?pdf=61969>>. Acesso em: 02 de out. de 2022.

Papineau-Leblanc Bridge. **Structurae**, 13 jun. 2015. Disponível em:

<<https://structurae.net/en/structures/papineau-leblanc-bridge>>. Acesso em: 28 de set. de 2022.

PERKOVIC, Sladjana. As Pontes Emblemáticas de Paris: Pont de la Concorde. **Itinari**, 23 mai. 2019. Disponível em:

<<https://www.itinari.com/pt/iconic-bridges-in-paris-concorde-5ml3>>. Acesso em: 07 de nov. de 2022.

Ponte Bloukrans. **Get Your Guide**, 2022. Disponível em: <<https://www.getyourguide.com.br/ponte-bloukrans-l108567/>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

Ponte da Morena. **All about Portugal**, 2022. Disponível em: <<https://www.allaboutportugal.pt/pt/viseu/monumentos/ponte-da-morena>>. Acesso em: 03 de out. de 2022.

Ponte estaiada. **Wiki**, 2022. Disponível em: <https://pt.frwiki.wiki/wiki/Pont_à_haubans>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

Ponte Hercílio Luz: conheça este importante ponto de Florianópolis. **Pousada dos Sonhos**, 2022. Disponível em: <<https://www.pousadadossonhos.com.br/blog/ponte-hercilio-luz-conheca-este-importante-ante-ponto-de-florianopolis/>>. Acesso em: 08 de out. de 2022.

Ponte Jacques-Cartier. **Wiki**, 2022. Disponível em: <https://pt.frwiki.wiki/wiki/Pont_Jacques-Cartier>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

Ponte Medieval de Vilela. **All about Portugal**, 2022. Disponível em: <<https://www.allaboutportugal.pt/fr/arcos-de-valdevez/monuments/ponte-medieval-de-vilela>>. Acesso em: 03 de out. de 2022.

Ponte Portão de Tóquio. **Can Stock Photo**, 2022. Disponível em: <<https://www.canstockphoto.com.br/ponte-tóquio-noturna-portão-50324813.html>>. Acesso em: 13 de out. de 2022.

Ponte Rio-Niterói. **Wiki**, 2022. Disponível em: <https://pt.frwiki.wiki/wiki/Pont_Rio-Niterói>. Acesso em: 09 de out. de 2022.

Pontes Eads: um marco para o aço. **Giassi Ferro & Aço**, 18 ago. 2018. Disponível em: <<https://giassiferroeaco.com.br/ponte-eads-um-marco-para-o-aco/>>. Acesso em: 22 de out. de 2022.

PRANDI, Jair. A ponte estaiada mais alta do mundo. **Blog Spot**, 13 mar. 2012. Disponível em: <<https://gigantesdomundo.blogspot.com/2012/03/ponte-estaiada-mais-alta-do-mundo.html>>. Acesso em: 15 de out. de 2022.

PRANDI, Jair. Maior ponte em arco do mundo. **Blog Spot**, 15 abr. 2014. Disponível em: <<https://gigantesdomundo.blogspot.com/2014/04/maior-ponte-em-arco-do-mundo.html>>. Acesso em: 08 de out. de 2022.

Quebec Bridge – Quebec City. **Tripadvisor**, 2015. Disponível em: <https://www.tripadvisor.com.br/Attraction_Review-g155033-d7323427-Reviews-Quebec_Bridge-Quebec_City-Quebec.html>. Acesso em: 14 de out. de 2022.

QUEIROZ, Rudney C. **Introdução à engenharia civil: História, principais áreas e atribuições da profissão**. Editora Blucher, 2019.

REGINA, Maria. Sistemas Estruturais – Grandes vãos pesquisa estruturas em arcos, cabos, e arcos e cabos. **Blog Spot**, 21 abr. 2014. Disponível em: <http://grandes-vaos-n6a.blogspot.com/2014/04/sistemas-estruturais-grandes-vaos_21.html>. Acesso em: 08 de out. de 2022.

RIZZI, Leonor, HAYDT, Regina Célia C. **Atividades lúdicas na educação da criança**. São Paulo: Editora ética, 2001.

SCHMID, Manfred Theodor. Um pouco da história de pontes estaiadas. **Blog Rudloff**, 28 fev. 2011. Disponível em: <<https://blogrudloff.wordpress.com/2011/02/28/um-pouco-da-historia-de-pontes-estaiadas/>>. Acesso em: 02 de out. de 2022.

Sydney Harbour Bridge. **Britannica**, 25 abr. 2020. Disponível em: <<https://giassiferroeaco.com.br/ponte-eads-um-marco-para-o-aco/>>. Acesso em: 10 de out. de 2022.

TANG, Man-Chung. Evolution of bridge technology. In: **IABSE symposium report**. International Association for Bridge and Structural Engineering, 2007. p. 38-48.

TARR Steps. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre, 2022. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tarr_Steps>. Acesso em: 09 de out. de 2022.

Tasman Bridge. **Shutterstock**, 2022. Disponível em: <<https://www.shutterstock.com/pt/search/tasman-bridge>>. Acesso em: 13 de out. de 2022.

Terceira Ponte - Vitória. **Tripadvisor**, 2022. Disponível em: <https://www.tripadvisor.com.br/Attraction_Review-g303320-d8781366-Reviews-Terceira_Ponte-Vitoria_State_of_Espirito_Santo.html>. Acesso em: 14 de out. de 2022.

TERZI, Wagner. **Ponte Octávio Frias de Oliveira (Ponte Estaiada) São Paulo SP**. São Paulo, 18 set. 2019. Pinterest: @wagnerterzi. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/320670435971443559/>>. Acesso em: 28 de set. de 2022.

THOMAZ, Eduardo C. S. Notas de aula. **IME-Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro**, 2021.

VALERIANO, Ricardo. **Pontes**. Oficina de Textos, 2021.

WAGER, Art. Antena de Causeway do Lado Pontchartrain. **iStock**, 31 out. 2018. Disponível em: <<https://www.istockphoto.com/br/foto/antena-de-causeway-do-lago-pontchartrain-gm1061806296-283857638>>. Acesso em: 14 de out. de 2022.

What is Tower Bridge? **London Tickets**, 2022. Disponível em: <<https://www.london-tickets.co.uk/tower-bridge/about/>>. Acesso em: 05 de out. de 2022.