

## LA LEGGEREZZA ARCHITETTONICA DELLE STRUTTURE STRALLATE NELL'OPERA DI CHRISTIAN MENN

### THE LIGHTNESS OF CABLE-STAYED STRUCTURES IN THE WORK OF CHRISTIAN MENN

Stefano Galimi<sup>1</sup>

Patrícia dos Santos Almeida<sup>2</sup>

#### Riassunto

Il lavoro in questione propone un approccio critico e analitico alla leggerezza strutturale dei ponti strallati progettati dall'ingegnere svizzero Christian Menn. Lo studio indaga i paradigmi che caratterizzano la sua opera e mira a comprendere come le sue creazioni dialoghino con i principi dell'Arte Strutturale, così come formulati da David Billington. Nella concezione di Menn, l'Arte Strutturale si basa sulla ricerca di un equilibrio tra efficienza, economicità ed estetica, integrando tecnologia ed espressione formale in una soluzione strutturale coesa. Pertanto, gli elementi costitutivi dei ponti e i loro dettagli costruttivi sono sviluppati a partire da una visione olistica e dalla considerazione integrata delle forze agenti sulla struttura, dando vita a opere contraddistinte da chiarezza tecnica, armonia estetica e rigore funzionale. I progetti strutturali dei ponti di Sunniberg e Grimsel, analizzati in questo articolo utilizzando il software Ftool, mirano a evidenziare la rilevanza di Christian Menn per l'ingegneria strutturale contemporanea, distinguendosi per la combinazione di efficienza tecnica, snellezza e trasparenza formale. Il suo contributo ha consolidato importanti progressi nello sviluppo tecnologico e concettuale dei ponti strallati attuali e contemporanei.

**Parole-chiave:** Leggerezza strutturale, Arte strutturale, Ponti, Christian Menn.

#### Abstract

This work proposes a critical and analytical approach to the structural lightness of cable-stayed bridges designed by the Swiss engineer Christian Menn. The study investigates the paradigms that characterize his work and aims to understand how his designs engage with the principles of Structural Art, as formulated by David Billington. In Menn's conception, Structural Art is based on the pursuit of balance between efficiency, economy, and aesthetics, integrating technology and formal expression into a cohesive structural solution. Thus, the constituent elements of the bridges and their constructive details are developed from a holistic vision and the integrated consideration of the forces acting on the structure, resulting in works marked by technical clarity, aesthetic harmony, and functional rigor. The structural projects of the Sunniberg and Grimsel's bridges, analyzed in this article via Ftool, highlight the relevance of Christian Menn to contemporary structural engineering, standing out for their combination of technical efficiency, slenderness, and formal transparency. His contribution consolidated important advances in the technological and conceptual development of current cable-stayed bridges.

**Keywords:** Structural Lightness, Structural Art, Bridges, Christian Menn.

---

<sup>1</sup> Doutor, Universidade de Brasília, <https://orcid.org/0000-0002-3694-9133>, stefanogalimi.arch@gmail.com

<sup>2</sup> Mestre, Universidade de Brasília, <https://orcid.org/0000-0002-1111-1111>, arq.patricialmeida@gmail.com

## 1. INTRODUZIONE

Molto tempo fa, un albero cadde su un ruscello e divenne un passaggio, un collegamento tra due lembi di terra separati da quell'ostacolo naturale. Secondo Valeriano (2021), la costruzione di un ponte nasce dalla necessità di superare gli ostacoli, "sottolineando il commercio, l'espansione territoriale e le guerre"<sup>1</sup>. A conferma di questo aspetto, è opportuno notare che, come tutti i progressi tecnologici nella civiltà umana, l'infrastruttura di ponti e viadotti ha reso possibile lo sviluppo economico, culturale e sociale nel corso della storia. Nella civiltà occidentale, sia qualitativamente che quantitativamente, i Romani furono i primi a promuovere l'espansione su larga scala della rete infrastrutturale, realizzando la costruzione massiccia di ponti e strade (Valeriano, 2021, p. 13). Tra la fine del XVIII e per tutto il XIX secolo, dal momento in cui le macchine tecnologiche rappresentavano una parte importante dell'avanguardia moderna, le strutture iniziarono a svolgere un ruolo di primo piano nel supportare le attività legate alle dinamiche della vita dei loro utenti.

L'avvento della lavorazione industriale del ferro durante la Rivoluzione Industriale ha permesso significativi progressi sociali ed economici. Tuttavia, considerando l'elevato costo dei materiali, gli ingegneri che si trovavano a progettare la struttura di un grande ponte o di un'infrastruttura dovevano sfruttare al massimo l'efficienza possibile per raggiungere l'obiettivo economico. L'avvento dell'acciaio nel 1890, che sostituì il ferro utilizzato dal 1840, consentì la costruzione di numerosi ponti sospesi, tra cui l'iconico Golden Gate Bridge del 1937, situato a San Francisco e progettato da Joseph Strauss (VAN UFFELEN, 2009).

Dall'inizio del XX secolo, il cemento armato e precompresso è stato sempre più utilizzato nelle costruzioni civili, consentendo a pionieri dei ponti moderni come Robert Maillard, Christian Menn ed Eugène Freyssinet di sviluppare forme audaci e innovative per questo nuovo materiale. A quel tempo, le strutture dei ponti avevano iniziato a gestire un traffico veicolare di massa, possedendo una maggiore capacità di sopportare i carichi operativi.

A metà del XX secolo, il calcestruzzo precompresso si diffuse ampiamente nella costruzione di ponti e, da allora, questo nuovo sistema costruttivo ha presentato nuove problematiche e, di conseguenza, sono emerse nuove soluzioni, non solo strutturali ma anche funzionali ed estetiche. La sfida più grande per l'architetto strutturale è stata quella di creare e realizzare un'elegante Opera d'Arte Speciale, senza dimenticare i prerequisiti di efficienza ed economicità, coniugando il minimo utilizzo di materiali con il minimo costo di costruzione, ottenendo il miglior risultato estetico. L'adozione di questo nuovo approccio ha permesso di affrontare nuove sfide e di rendere il sistema strutturale realmente indipendente dall'opera architettonica.

---

<sup>1</sup> Valeriano, R. Pontes. 1. Ed., São Paulo: Oficina de Textos, 2021. p. 12.

L'Arte Strutturale, come definita dall'autore David Billington<sup>3</sup> nel suo libro "The Tower and the Bridge", si articola attorno a tre principi fondamentali: efficienza, economicità ed estetica, generando una combinazione unica di tecnologia e bellezza. Per raggiungere gli obiettivi desiderati nel processo di progettazione, i requisiti funzionali devono essere considerati in relazione all'ambiente, rendendo il progetto visivamente più gradevole e in armonia con il contesto circostante. Il primo principio dell'Arte Strutturale, l'efficienza, afferma che la forma deve seguire la funzione, e non viceversa.

L'applicazione di questo nuovo approccio ha permesso di affrontare nuove sfide strutturali e ha garantito che la struttura fosse un elemento realmente indipendente dall'opera architettonica. Per ottenere un risultato architettonico ideale, come affermava Vitruvio nel manoscritto "*De Architectura*", un'opera architettonica deve essere bella (principio di "*venustas*"), funzionale (principio di "*utilitas*") e strutturalmente solida (principio di "*firmitas*"). Un artista strutturale, nella sua interezza, offre un servizio alla comunità, lasciando la propria opera come punto di riferimento nella storia di una nazione. La differenza tra i concetti di tecnologia e scienza è un punto cruciale nel dibattito culturale che ha caratterizzato non solo questo periodo storico, ma anche l'era modernista internazionale.

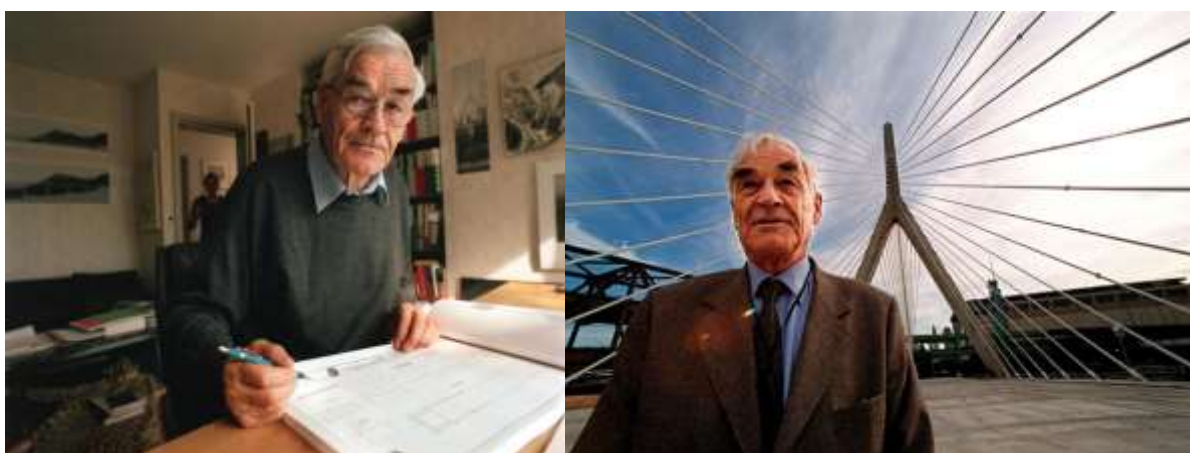
Le esigenze legate, da un lato, al superamento di campate sempre più ampie e, dall'altro, alla riduzione dell'impatto ambientale delle strutture costruite, evidenziano la necessità di una revisione critica degli aspetti progettuali che hanno contribuito alla definizione degli standard contemporanei per la progettazione di grandi ponti strallati.

---

<sup>3</sup> Autor do livro "The Tower and The Bridge", Billington foi professor da Escola de Arquitetura e do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Princeton, New Jersey, Estados Unidos, desde 1961.

## 1.1 Christian Menn e i ponti strallati

Nato nel 1927, l'ingegnere svizzero Christian Menn ha portato le sue opere a un livello universale, chiarendo il concetto noto come "la forma segue la funzione". Attraverso l'ottimizzazione del flusso delle forze, Menn è riuscito a ridurre il numero e le dimensioni delle sezioni trasversali dei suoi elementi strutturali, ottenendo un notevole risparmio di materiale. Per quanto riguarda il requisito funzionale, la comprensione del funzionamento tecnico dei sistemi strutturali è un aspetto centrale del suo lavoro. Il risultato di questo processo di progettazione ingegneristica sono strutture esteticamente plastiche e audaci, caratterizzate da leggerezza architettonica e integrazione con l'ambiente naturale circostante.



**Figura 1.** Christian Menn. Fonte: <https://swissinfo.ch>

I ponti progettati dall'ingegnere Christian Menn, sviluppati con un approccio olistico e la visualizzazione del flusso delle forze agenti sulle strutture, hanno messo in luce modelli di design semplici e innovativi, dimostrando l'arte di progettare ponti con un equilibrio estetico/economico e sottolineando l'importanza della creatività nei sistemi strutturali. I progetti oggetto di studio in questo articolo sono il ponte di Sunniberg, situato in Svizzera e progettato nel 1998, e il ponte di Grimsel, progettato nel 2005.

L'efficienza tecnica di queste opere d'arte dimostra una profonda comprensione del funzionamento dei sistemi strutturali e dei requisiti funzionali da parte del genio del progettista, dando vita a strutture esteticamente gradevoli all'ambiente circostante, caratterizzate al contempo da leggerezza e integrazione con l'ambiente.



**Figura 2.** Ponte Sunniberg, Svizzera italiana, 1998. Christian Menn. Fonte: <https://commons.wikimedia.org/>

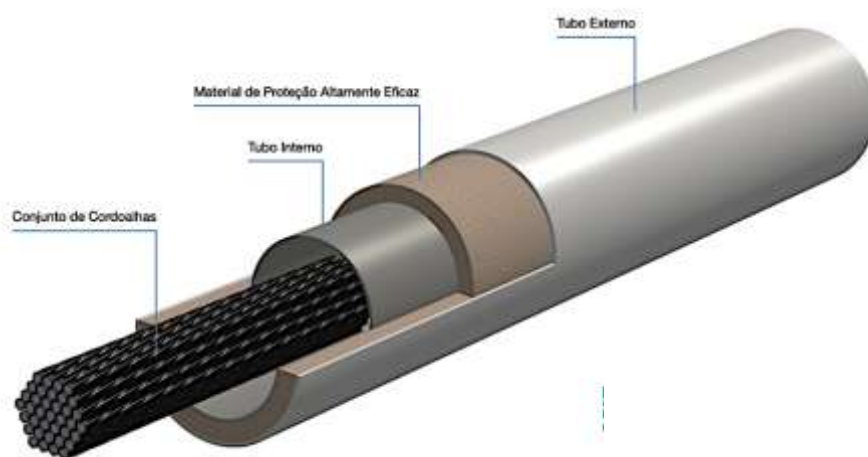
Un ponte strallato è una particolare struttura ingegneristica sostenuta da cavi che si estendono da piloni verticali fino all'impalcato del ponte (GALIMI, 2021). I ponti costruiti con questa tecnologia sono più attraenti dal punto di vista architettonico, suggerendo leggerezza strutturale, e sono ampiamente utilizzati per coprire grandi distanze, dell'ordine di 200-1000 metri.



**Figura 3.** Ponte strallata Octavio Frias de Oliveira, San Paolo. Fonte: adattada da rhpissolatti

Per analizzare il sistema strutturale dei ponti strallati, possiamo distinguere tre elementi principali che li compongono:

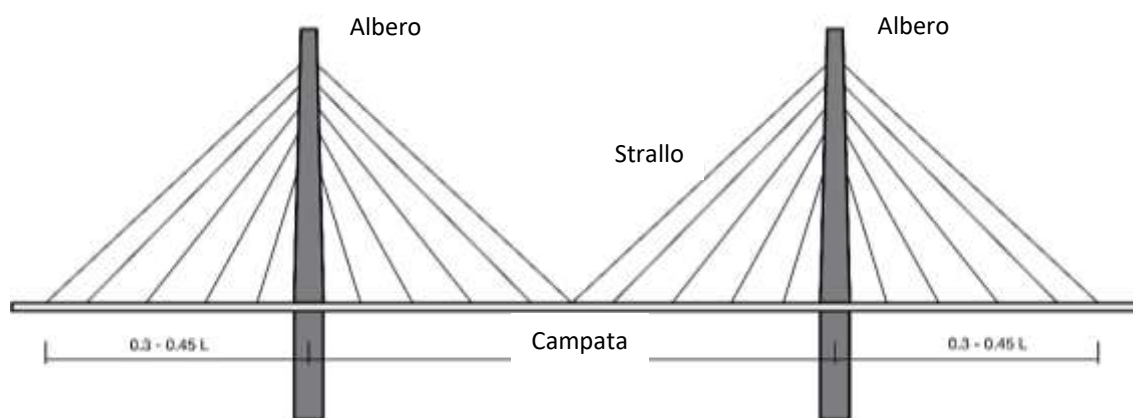
1. **Sistema di tiranti (cavi o stralli):** Il sistema strallato è formato da articolazioni (stralli) che collegano l'impalcato al pilone. Le tipologie strutturali dei ponti strallati differiscono a causa della diversa disposizione degli stralli lungo l'elemento di supporto verticale. Lo strallo è l'elemento principale teso di un ponte strallato ed è responsabile della trasmissione dei carichi dinamici dall'impalcato al pilone verticale, che a sua volta li trasferisce al sistema di fondazione. Inoltre, gli stralli sono formati da tre elementi distinti, che sono:
  - a. Elementi di tensionamento (insieme di tiranti metallici che sostengono il ponte, collegandolo direttamente all'albero).
  - b. Sistema di ancoraggio (assicura la corretta tensione dei tiranti all'altezza del ponte, contribuendo al corretto funzionamento congiunto degli elementi strutturali).
  - c. Sistemi di protezione (proteggono i tiranti dagli effetti climatici dei raggi ultravioletti, della pioggia e della futura corrosione. Si tratta generalmente di guaine realizzate in materiale polimerico).

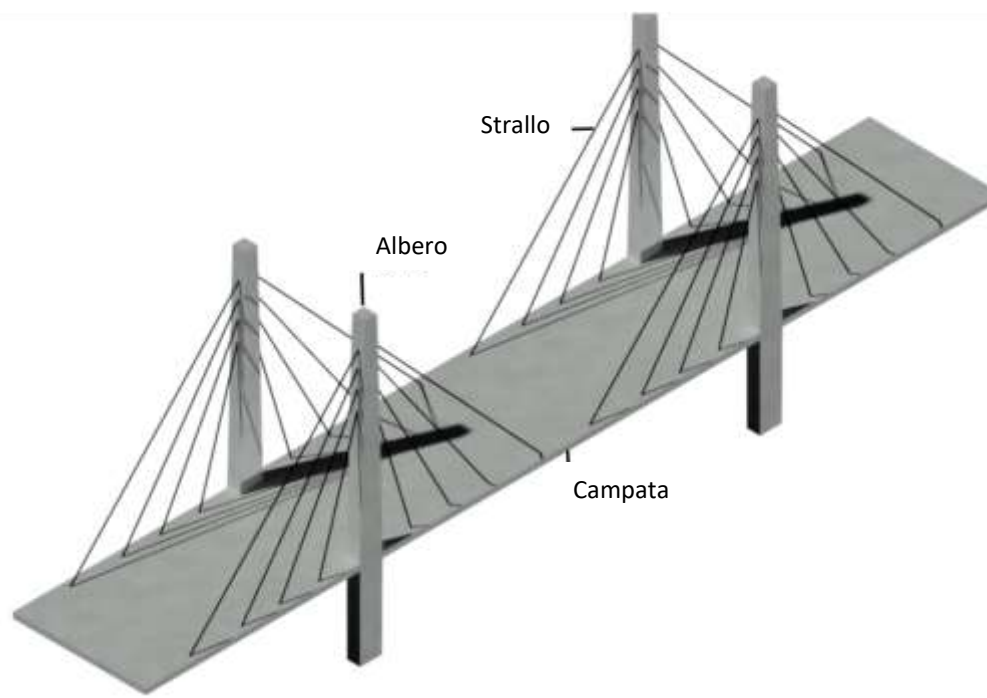


**Figura 4** – Parti di uno strallo. Fonte: adattata da Fraunhofer – EMI - 2022

2. **Alberi o Torri:** Si tratta degli elementi verticali che, tramite i tiranti, sostengono il ponte e assicurano il corretto funzionamento del sistema. Possono essere realizzati con diversi materiali, come muratura in pietra o cemento armato e acciaio. (GALIMI, 2021).
3. **Impalcato del ponte:** Questo elemento è la parte del ponte in cui vengono distribuiti i carichi dinamici derivanti dal passaggio di auto, camion, pedoni, ecc. L'impalcato può essere realizzato in cemento armato, cemento precompresso, acciaio o un sistema misto (acciaio e cemento armato) e può avere diverse geometrie e forme. Mazarim (2011) riporta che le sezioni trasversali dei primi impalcati in cemento armato erano eccessivamente pesanti e costose e che l'evoluzione del cemento precompresso ha reso possibile la costruzione di impalcati più snelli.

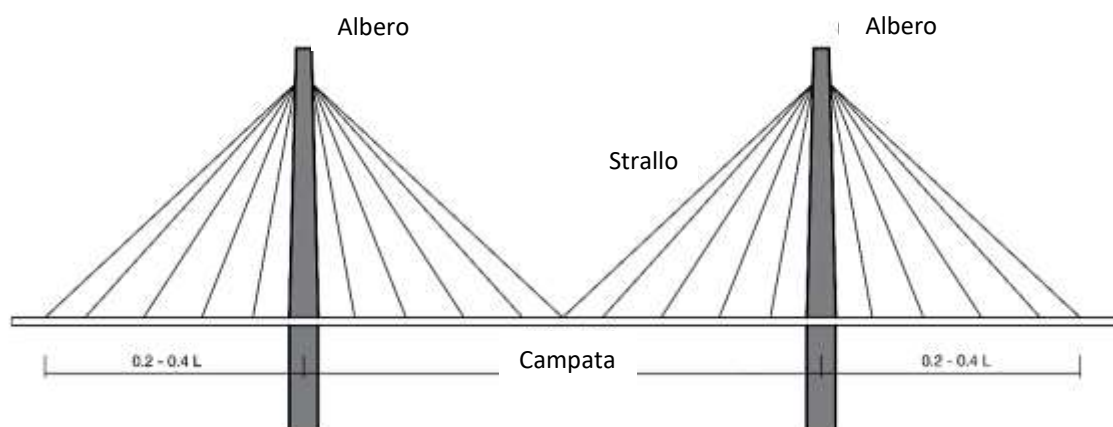
Tra le principali tipologie di ponti strallati, se ne distinguono due tipi fondamentali. Il tipo "ad arpa" è caratterizzato dall'ancoraggio dei cavi al pilone, in modo che l'altezza del punto di attacco del cavo sia proporzionale alla distanza tra il pilone stesso e il punto di attacco del cavo sull'impalcato, come illustrato nella figura seguente. Questo tipo si distingue per la distribuzione uniforme dei tiranti lungo tutta la lunghezza del pilone, che conferisce a questi elementi in tensione la stessa inclinazione, donando simmetria e ordine al ponte. (GALIMI, 2021).

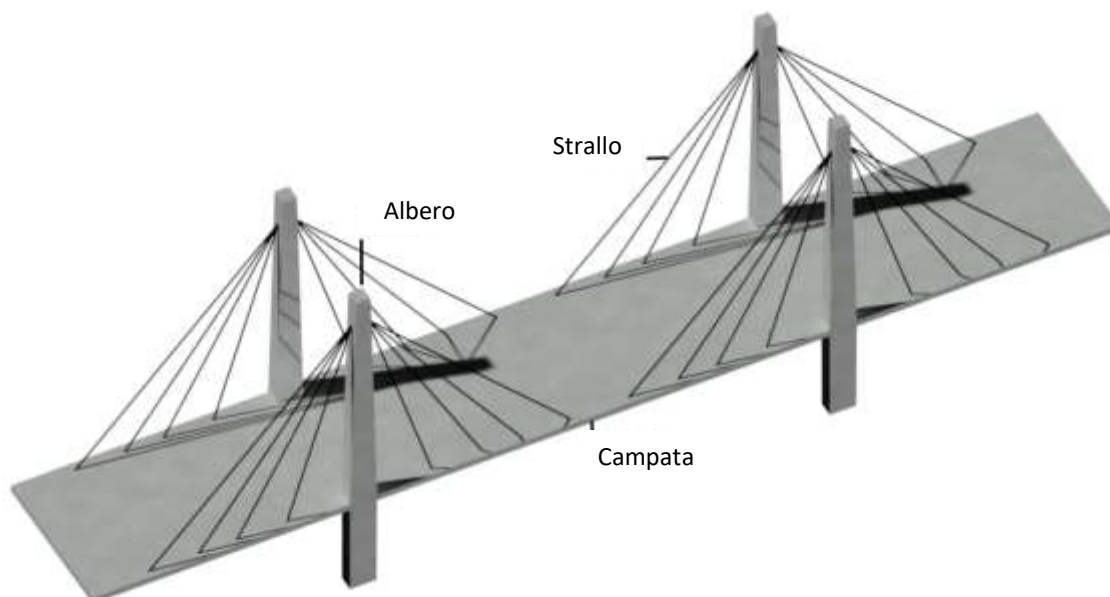




**Figura 5** - Ponte strallata tipo "arpa". Fonte: autorale (2021)

Il sistema a "ventaglio" è caratterizzato dall'aggregazione e dal raggruppamento dei cavi di tensione in cima all'albero, dove, concentrati in questo punto, i tiranti sono diretti verso il punto di collegamento con l'impalcato del ponte. Questo tipo di sistema presenta alcune problematiche nella progettazione della zona di concentrazione dei tiranti sull'albero, mentre gli ancoraggi richiedono un certo spazio fisico per il loro inserimento (GALIMI, 2021).





**Figura 6** - Ponte strallata tipo “ventaglio”. Fonte: autorale (2021)

## 2. METODOLOGIA - CASO DI STUDIO

Questo lavoro, nella sua metodologia, propone e presenta un'analisi critica dell'opera di Christian Menn e, utilizzando il programma Ftool per sviluppare modelli relativi alle principali sollecitazioni a cui sono sottoposti i ponti analizzati, conferma la leggerezza strutturale delle opere dell'ingegnere svizzero.

La verifica delle sollecitazioni agenti sulla struttura del ponte, quali tensioni normali, momenti flettenti, tensioni di taglio e spostamenti verticali e orizzontali, dimostra la capacità dell'ingegnere di ridistribuire in modo equilibrato le spinte orizzontali e verticali verso gli appoggi, garantendo un'eccezionale leggerezza strutturale.

### 2.1 Ponte Sunniberg, Svizzera, 1998.

Il ponte di Sunniberg (1998), situato nella città di Kloisters, in Svizzera, è considerato un punto di riferimento per la leggerezza strutturale e, con il suo design innovativo, trasmette un senso di totale equilibrio con il paesaggio naturale.

Riconosciuto come un'evoluzione dei progetti di Menn, è uno dei ponti più grandi costruiti sulle Alpi, realizzato con una struttura ad arpa, caratterizzata da una distribuzione uniforme dei tiranti lungo le 3 campate principali e le 2 campate laterali.

Con una lunghezza di 526 metri, il ponte presenta un raggio di curvatura di 503 metri e un'inclinazione del 3,2%, oltre ad avere una larghezza totale di 12,37 metri.



**Figura 7** - Ponte Sunniberg, strallata tipo ventaglio. Fonte: Bridge Info (2026)

La pianta curva di questo ponte, ottenuta grazie alla struttura in cemento armato della piattaforma, si traduce in una lastra monolitica priva di dilatazioni o articolazioni nei pilastri. Ciò consente ai pilastri di essere compressi sia lateralmente che longitudinalmente dalla pavimentazione, conferendo alla struttura un aspetto slanciato e visivamente discreto nel paesaggio.

La continuità della carreggiata garantisce stabilità alla banchina, mentre la base stretta dei pilastri rastremati permette l'inclinazione. Di conseguenza, l'impalcato consente la dilatazione e la contrazione dovute alle variazioni di temperatura, senza generare momenti flettenti significativi alla base. Gli snelli pilastri del ponte e la sottile trasparenza dell'impalcato si fondono armoniosamente con il magnifico paesaggio. Visti dal fondovalle, gli stretti piloni si mimetizzano con l'ambiente boschivo, dando al ponte l'impressione di essere stato coltivato piuttosto che costruito. Questo effetto è dovuto principalmente al posizionamento dei piloni al di sotto del livello degli occhi, che permette al ponte di essere nascosto dalla vegetazione e di apparire discreto.

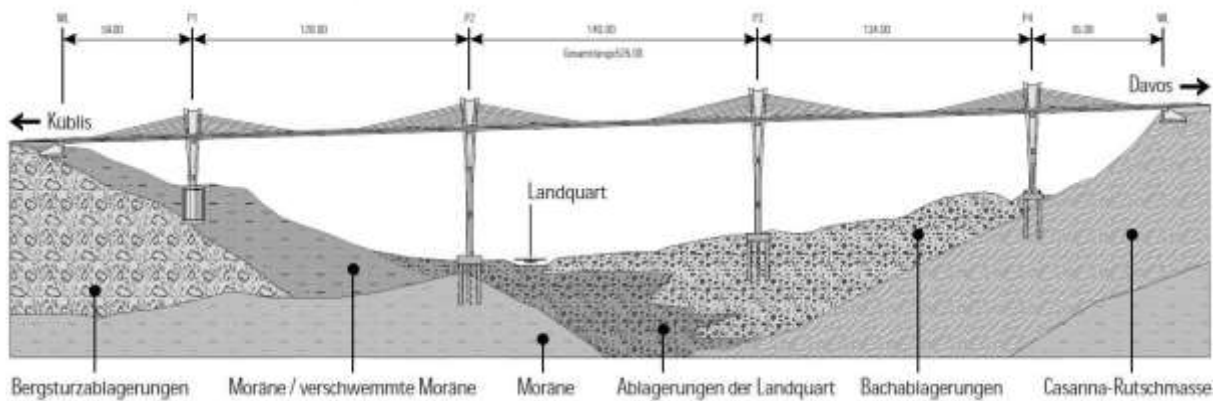
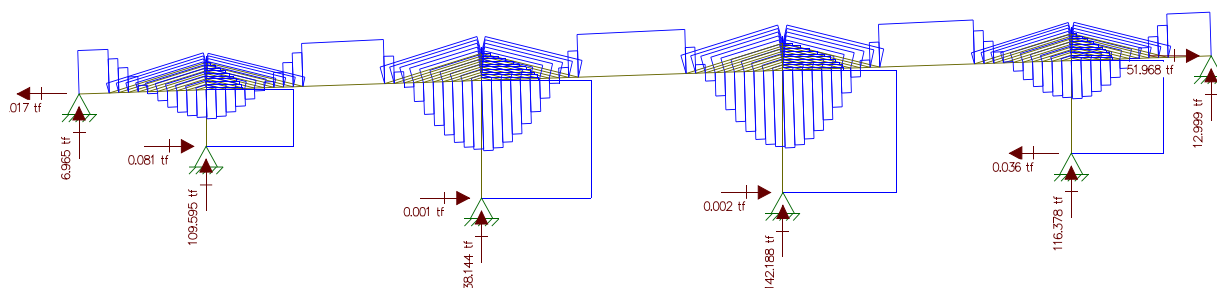
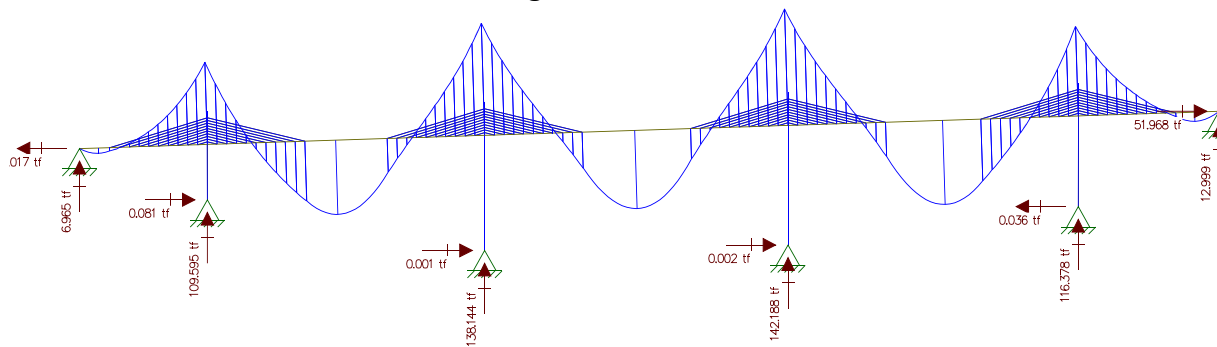


Figura 8 - Profilo longitudinale del Ponte Sunniberg.

**a. Sforzo Normale - diagramma**



**b. Momento Flettente - diagramma**



**c. Taglio - diagramma**

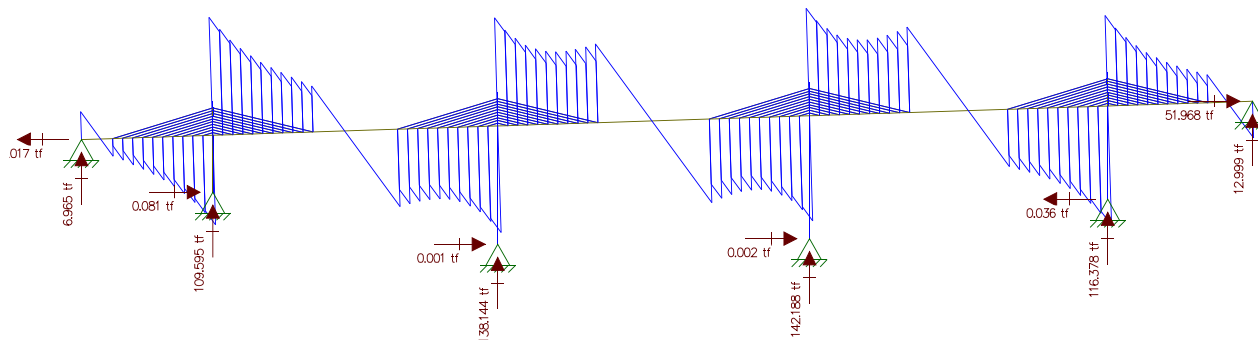


Figura 9 – Diagrammi di sforzi e sollecitazioni calcolati via software Ftool. Fonte: autorale

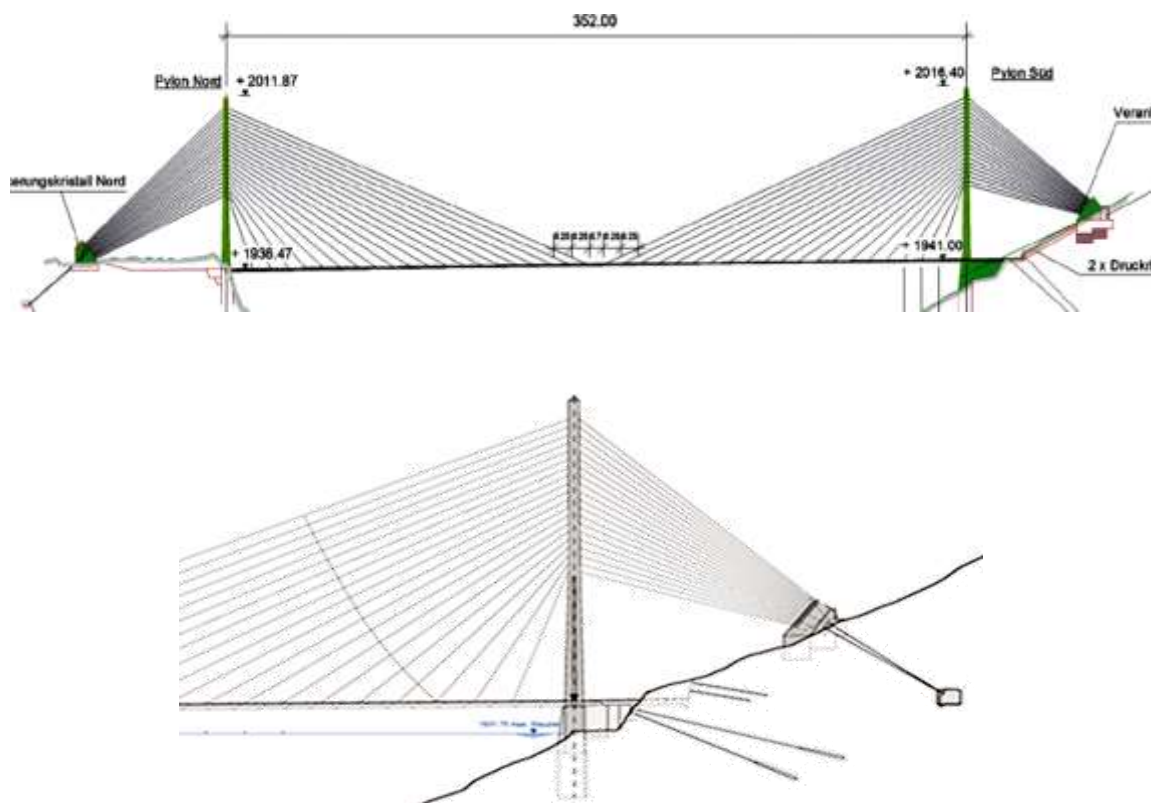
## 2.2 Ponte Grimsensee, Svizzera, 2005.

Nel 2005, Christian Menn ha progettato un ponte strallato che attraversa il lago Grimsensee, lungo 352 metri e sorretto da due piloni a forma di Y rovesciata alti 75 metri. La carreggiata è realizzata con una sottile soletta larga 10 metri e spessa 1,2 metri, costruita su due piani leggermente inclinati con tiranti fissati ai bordi dell'impalcato, dove forniscono rigidità torsionale alla struttura.



**Figura 10** - Ponte Grimsel, Svizzera, 2005. Fonte: Christian Menn projects. Website. 2026

L'espressione estetica di questo ponte è caratterizzata dalla sua forma semplice e pura, nel rapporto tra la carreggiata e i piloni, nella disposizione dei tiranti e nel suo ancoraggio cristallino nella montagna. Il progetto di questo ponte è il risultato di un processo di riduzione degli elementi strutturali per soddisfare i requisiti funzionali e ambientali imposti dalle condizioni climatiche delle Alpi svizzere.



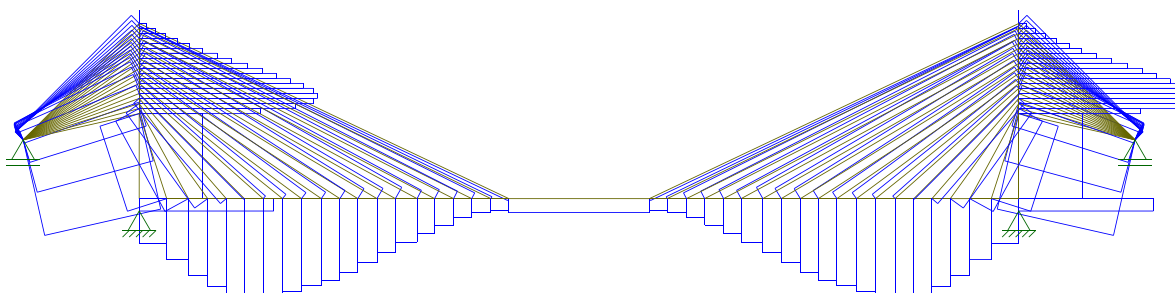
**Figura 11** - Ponte Grimsel, Svizzera, 2005. Fonte: Christian Menn projects. Website. 2026

Durante la sua realizzazione sono state necessarie alcune indagini a causa delle azioni ambientali sulla struttura, come l'azione del vento sulla piattaforma, che hanno portato a studi sul comportamento aerodinamico della piattaforma, la variazione delle temperature durante l'anno, che ha comportato l'analisi dei giunti di dilatazione, e la preoccupazione per la formazione di ghiaccio sui cavi, che è stata considerata nella progettazione e nel calcolo con carichi aggiuntivi.

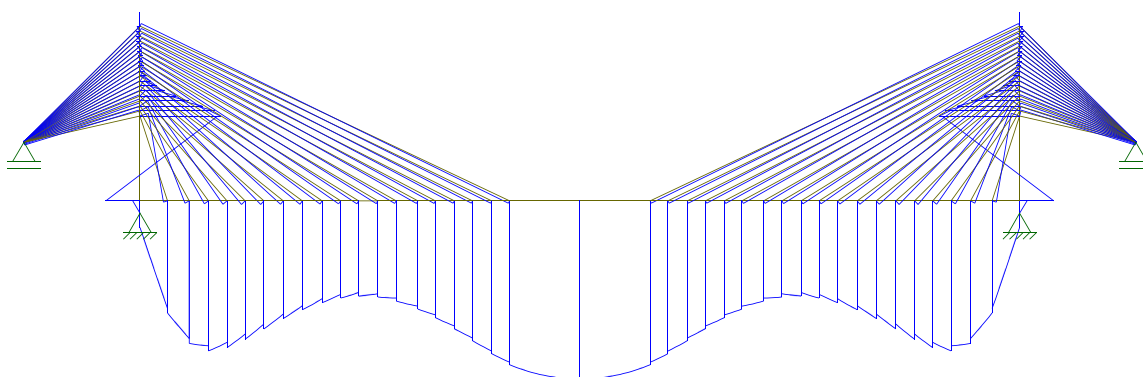
Le misurazioni della velocità del vento hanno rivelato che l'azione eolica più significativa si verificava in direzione nord-sud, quasi lungo l'asse del ponte, mentre l'azione eolica in direzione est-ovest, perpendicolare al ponte, era relativamente debole. La velocità massima del vento di 57 m/s è stata considerata come riferimento per la progettazione della forma. La sezione della trave trasversale è stata sviluppata sulla base di studi aerodinamici.

Nonostante l'azione eolica perpendicolare all'impalcato fosse relativamente modesta, gli studi sul comportamento aerodinamico dell'impalcato hanno rivelato la necessità di implementare un dettaglio lungo i bordi. Inoltre, la rastrematura inizialmente concepita nella larghezza dell'impalcato in prossimità dei pilastri si sarebbe rivelata superflua per resistere ai momenti laterali, portando così a una maggiore semplificazione della struttura.

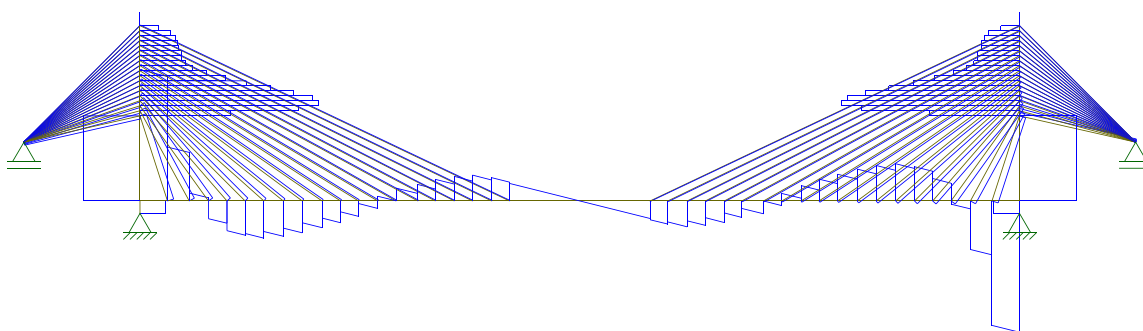
**a. Sforzo Normale - diagramma**



**b. Momento Flettente - diagramma**



**c. Taglio - diagramma**



**Figura 12** – Diagrammi di sforzi e sollecitazioni calcolati via software Ftool. Fonte: autorale

### 3. RISULTATI

L'analisi dei diagrammi delle sollecitazioni ottenuti mediante il software Ftool ha consentito di comprendere il comportamento strutturale dei ponti Sunniberg e Grimsel, evidenziando l'efficienza del sistema strallato adottato da Christian Menn e la sua capacità di ottimizzare il percorso delle forze all'interno della struttura.

Nel caso del **Ponte Sunniberg**, il diagramma degli sforzi normali (Figura 9a.) mostra una prevalenza di azioni di compressione nell'impalcato e nei piloni, mentre gli stralli lavorano quasi esclusivamente a trazione, come previsto per questa tipologia strutturale. La distribuzione relativamente uniforme degli sforzi lungo le campate dimostra l'efficacia del sistema di stralli nella redistribuzione dei carichi verticali verso i piloni. Tale comportamento riduce la concentrazione degli sforzi e contribuisce alla snellezza dell'impalcato.

L'analisi del diagramma dei momenti flettenti (Figura 9b.) evidenzia valori contenuti lungo la maggior parte dell'impalcato, con concentrazioni localizzate in prossimità delle zone di connessione tra impalcato e piloni. Ciò conferma che il sistema strallato assorbe una parte significativa delle azioni che, in una trave tradizionale, genererebbero elevati momenti flettenti. La conseguenza diretta è la possibilità di adottare sezioni più sottili e leggere, riducendo il consumo di materiale e migliorando l'espressione architettonica dell'opera.

Il diagramma del taglio (Figura 9c.) mostra una distribuzione equilibrata delle forze lungo la struttura, con valori più elevati nelle vicinanze dei piloni e progressiva diminuzione verso le zone centrali delle campate. Tale comportamento dimostra l'efficienza del sistema di trasferimento dei carichi e la capacità degli stralli di limitare le sollecitazioni interne dell'impalcato.

Per quanto riguarda il **Ponte Grimsel**, i diagrammi presentano caratteristiche analoghe ma con una distribuzione delle sollecitazioni influenzata dalla particolare configurazione dei piloni a forma di Y rovesciata e dalla geometria dell'impalcato. Il diagramma degli sforzi normali (Figura 12a.) evidenzia significative compressioni nei piloni e nell'impalcato, accompagnate da elevate trazioni negli stralli, confermando il ruolo principale di questi elementi nella trasmissione dei carichi verso le fondazioni.

Nel diagramma dei momenti flettenti (Figura 12b.) si osserva una riduzione significativa delle sollecitazioni lungo la parte centrale dell'impalcato, mentre i valori maggiori si concentrano nelle zone di ancoraggio e nelle connessioni con i piloni. Questa configurazione dimostra come il sistema strutturale sia stato concepito per trasformare gran parte delle azioni flettenti in sforzi assiali, soluzione che aumenta l'efficienza resistente e consente una notevole riduzione delle dimensioni strutturali.

Il diagramma del taglio (Figura 12c.) conferma il corretto trasferimento delle azioni verticali verso i punti di sostegno. Le maggiori concentrazioni si verificano in prossimità dei

piloni, mentre nelle campate principali si registrano valori più contenuti, evidenziando l'efficacia della collaborazione tra impalcato e sistema di stralli.

Nel confronto tra i due casi studio, emerge chiaramente che la strategia progettuale di Christian Menn si fonda sulla ricerca di un flusso delle forze il più diretto possibile. I diagrammi dimostrano come le sollecitazioni flettenti e di taglio vengano ridotte grazie all'azione degli stralli, privilegiando un comportamento strutturale dominato dagli sforzi assiali, molto più efficienti dal punto di vista resistente. Tale approccio permette di ottenere strutture leggere, economiche e visivamente trasparenti, in perfetta sintonia con i principi dell'Arte Strutturale di David Billington (2013), basati sull'equilibrio tra efficienza, economia ed estetica.

#### 4. CONSIDERAZIONI FINALI

I progetti di ponti dell'ingegnere Christian Menn presentati evidenziano l'efficienza tecnica espressa, con raffinatezze di snellezza e trasparenza, sottolineando l'importanza di comprendere il funzionamento dei sistemi strutturali.

Un concetto che possiamo osservare come solida base per l'elaborazione di un progetto di qualità estetica e di strutture semplici ma eleganti, è il rispetto dei requisiti funzionali dal punto di vista tecnico, estetico ed economico. Fornendo prestazioni tecniche, guidate dai principi fondamentali della meccanica e delle scienze naturali, questo approccio continua a essere molto efficiente e utile, soprattutto oggi, quando i progetti di ponti, spesso basati su un'idea metaforica, hanno prodotto strutture eccessivamente costose da costruire e mantenere.

Lo studio conferma che la qualità di un'opera di ingegneria non dipende esclusivamente dall'impiego di tecnologie avanzate o dall'adozione di soluzioni costruttive innovative, ma soprattutto dalla capacità del progettista di interpretare correttamente il flusso delle forze e di tradurlo in una configurazione strutturale coerente. In questo senso, il lavoro di Menn dimostra come semplicità e raffinatezza non siano concetti contrapposti, ma possano costituire aspetti complementari di un unico processo progettuale.

Un elemento particolarmente significativo emerso dall'analisi è la ricerca costante della riduzione e dell'essenzialità. Attraverso un accurato controllo della geometria strutturale, Menn riesce a eliminare gli elementi superflui, ottenendo opere che trasmettono leggerezza visiva senza compromettere la sicurezza, la durabilità o le prestazioni strutturali. Tale approccio assume oggi un'importanza ancora maggiore in un contesto in cui la sostenibilità delle costruzioni richiede un uso sempre più responsabile delle risorse materiali ed energetiche.

L'opera dell'ingegnere svizzero evidenzia inoltre l'attualità dei principi dell'Arte Strutturale formulati da David Billington. Efficienza, economia ed estetica non vengono

trattate come obiettivi indipendenti, ma come parti di un unico processo progettuale capace di generare infrastrutture funzionali e al tempo stesso dotate di valore culturale e paesaggistico.

Infine, i casi studio analizzati dimostrano che i ponti possono assumere un ruolo che va oltre la mera funzione infrastrutturale, contribuendo alla costruzione dell'identità dei luoghi in cui sono inseriti. La chiarezza strutturale, l'eleganza delle proporzioni e l'integrazione con il paesaggio fanno delle opere di Christian Menn esempi rilevanti per la pratica contemporanea dell'ingegneria e dell'architettura, confermando come la creatività tecnica continui a essere uno strumento fondamentale per la realizzazione di opere durature, efficienti e capaci di dialogare con il territorio.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BILLINGTON, D. P. *La torre y el puente: el nuevo arte de la ingeniería estructural*. CINTER, 2013.

CAVALCANTE, G. H. F. *Pontes em concreto armado: análise e dimensionamento*. São Paulo, Editora Edgar Blücher Ltda. 2019.

DELL'AMORE FACHINETTI, S., VAIRO, G. Quasi-secant behaviour of elastic cables for cable-stayed structures. *Atti del XXXIV Congresso Nazionale AIAS, Settembre 2005, Politecnico di Milano*. 2005.

DE MIRANDA, F. *I ponti strallati di grande luce*. Edizioni Scientifiche A. Cremonese, Roma, 1980.

GALIMI, S., Pantoja, J. da C., Buzar, M. A. R., & Pazos, V. C. Índice I.R.U.: o caso da ponte San Giorgio em Génova. *Revista Brasileira De Gestão Urbana*, 17. Urbe. 2025.

GALIMI, S. *Índice de requalificação da infraestrutura urbana: uma proposta para avaliação das intervenções de retrofit no patrimônio das obras de arte especiais*. 2021. Brasília, DF, 2021.

MARTHA, L. F. *FTOOL: Um Programa Gráfico-Interativo para ensino de comportamento de estruturas*. Rio de Janeiro: Tecgraf, 2002.

MAZARIM, D. M. *Histórico das pontes estaiadas e sua aplicação no Brasil*. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica. São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, A. L. A.; Pantoja, J.; Galimi, S.; Varum, H. *Structural Degradation Assessment of RC Buildings: Application via Software of the method of assessment by integrity and safety – MAIS Method – in a Heritage Case Study in Brasilia*. 2024.

VALERIANO ALVES, R. *Notas de aula de Pontes I*. Departamento de Estruturas, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.

VALERIANO ALVES, R. *Pontes*. In: *Oficina de Textos - 1ª Edição*. ISBN: 9786586235173. 2021.