Rafael Amorim de Sousa

ANÁLISE COMPARATIVA ESTRUTURAL E ORÇAMENTÁRIA ENTRE ESCADAS CONVENCIONAIS E PLISSADAS

Trabalho monográfico, submetido ao Centro universitário de Excelência de Vitória da Conquista - BA, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 08/12/2023

Orientador: Profº (Esp.) Emilio Augusto De Queiroz Velois
Centro Universitário de Excelência

Avaliador: Profº (Msc.) Paulo Eduardo Soares Andrade Filho
Centro Universitário de Excelência

Avaliador: Profª (Esp.) Manuela Cruzes de Andrade
Centro Universitário de Excelência

Vitória da Conquista - BA
Dezembro de 2023

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE EXCELÊNCIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE COMPARATIVA ESTRUTURAL E ORÇAMENTÁRIA ENTRE ESCADAS CONVENCIONAIS E PLISSADAS

COMPARATIVE STRUCTURAL AND BUDGETARY ANALYSIS BETWEEN CONVENTIONAL AND PLEATED STAIRS

Rafael Amorim de Sousa [1]
Emílio Augusto de Queiroz Velois[2]

RESUMO

Escadas são elementos construídos para facilitar o acesso aos diferentes andares de uma edificação. Porém, com o avanço da engenharia e da arquitetura, as escadas começaram a ser desenhadas em diferentes formas, tornando-se um elemento escultural e esteticamente agradável para agregar valor ao edifício. O objetivo deste estudo é analisar as características dimensionais estruturais e a diferença de custo final de dois tipos de escadas de concreto armado: escadas tradicionais e plissadas, relacionadas ao tipo de estrutura utilizada na sua construção. Neste contexto, utilizou-se a NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos, NBR 6120:2019 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações, NBR 9050:2021 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, NBR 9077:2001 – Saídas de emergência em edifícios, a Lei 1481:2007 Item M, de Vitória da Conquista-BA, os softwares Ftool ®, AutoCad ® e Excel ®, livros de concreto e notas de montagem de tipos específicos de escadaria. Neste trabalho foi realizado o dimensionamento de tipologias estruturais determinando a distribuição das cargas atuantes, as restrições existentes, a quantidade de aço necessária e a forma de aplicação da armadura para cada caso. Adicionalmente, de acordo com as informações fornecidas durante o dimensionamento, as quantidades são obtidas para comparação entre casos individuais e entre os custos finais do tipo analisado, levando em consideração os dados: volume de concreto e a massa de aço. Dentre os resultados, a pesquisa constatou que uma escada plissada apresenta o maior custo de construção, cerca de 51% em relação a escada convencional, mesmo apresentando esforços de flexão semelhantes.

Palavras chave: Tipologias; Comparativo; Custo; Método.

[1] Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Unex de Vitória da Conquista (Unex/BA), e-mail: rafaelsousa.amorim7@gmail.com.
[2] Professor Orientador do Centro Universitário Unex de Vitória da Conquista (Unex/BA), Engº Civil. Esp. Em Estruturas de Concreto Armado, e-mail: equeiroz.vic@ftc.edu.br

ABSTRACT

Stairs are elements built to facilitate access to the different floors of a building. However, with the advancement of engineering and architecture, stairs began to be designed in different shapes, becoming a sculptural and aesthetically pleasing element to add value to the building. The objective of this study is to analyze the structural dimensional characteristics and the difference in final cost of two types of reinforced concrete stairs: traditional and pleated stairs, related to the type of structure used in their construction. In this context, NBR 6118:2023 was used – Design of concrete structures – Procedures, NBR 6120:2019 – Loads for calculating building structures, NBR 9050:2021 – Accessibility to buildings, furniture, spaces and urban equipment, NBR 9077:2001 – Emergency exits in buildings, Law 1481:2007 Item M, of Vitória da Conquista-BA, Ftool ®, AutoCad ® and Excel ® software, concrete books and assembly notes for specific types of staircase. In this work, the design of structural typologies was carried out, determining the distribution of the acting loads, the existing restrictions, the amount of steel required and the way of applying the reinforcement for each case. Additionally, according to the information provided during the design, quantities are obtained for comparison between individual cases and between the final costs of the type analyzed, taking into account the data: volume of concrete and mass of steel. Among the results, the research found that a pleated staircase has the highest construction cost, around 51% compared to a conventional staircase, even with similar bending efforts.

Keywords: Typologies; Comparative; Cost; Method

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, profissionais e acadêmicos da engenharia civil têm pesquisado, analisado e discutido as formas mais rentáveis e otimizadas de aplicação de insumos, buscando obter o melhor custo-benefício na execução de uma obra ou elemento construtivo (Costa *et al.*, 2014).

Segundo Ademilar (2013), na construção de edifícios com estrutura em concreto armado, os materiais utilizados na construção dessas estruturas e seus componentes construtivos (como fôrmas e suportes) respondem por 14% a 22% do custo de construção gasto com insumos e materiais. Em edifícios com mais de um pavimento, um dos elementos construídos em concreto armado é a escada.

Escadas são elementos construídos para facilitar a circulação vertical não mecânica entre lajes de diferentes alturas de uma edificação (Aoki; Neto; Takara, 2014). Segundo Jesus e Milani (2017), a escada torna-se um elemento escultórico além de proporcionar a comunicação entre os diferentes andares de uma edificação.

Portanto, as características específicas da obra de engenharia e as preferências do empreiteiro por fatores estéticos são condições de grande relevância para a escolha do tipo de escada a ser construída. Algumas escadas têm formas pouco convencionais e surpreendem do ponto de vista arquitetônico pelas diferentes estruturas.

Devido à sua complexidade, tais estruturas exigem mais expertise dos projetistas e construtores responsáveis e por isso são chamadas de escadas especiais. O valor estético desses modelos particulares se deve ao aspecto leve que alcançam por serem livres de estruturas auxiliares (Grave, 2013).

Com o objetivo de aliar os fatores económicos ao desenvolvimento da tecnologia construtiva e às exigências estéticas decorrentes da seleção de diferentes modelos de escadas de concreto armado, o objetivo deste trabalho é uma análise comparativa do consumo de materiais e das diferenças de custos resultantes entre os diferentes tipos de escadas. Com base na tentativa de determinar qual opção é mais barata de forma a analisar e comparar dois modelos de dimensionamento de escadas: convencional e plissada, criou-se tabelas de dados para cada caso seguindo os preços dos serviços e o custo de cada tipologia, respeitando a NBR 6118:2023, a NBR 6120:2019 e a Lei 1481:2007 Item M, de Vitória da Conquista-BA.

Com vistas à redução do custo de produção, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas e estão se tornando cada vez mais importantes em cenários profissionais. Por terem grande relevância arquitetônica para os edifícios e apresentarem-se numa variedade de tipologias construtivas, é importante analisar e comparar estes tipos de escadas para poder revelar a eficiência de cada modelo, bem como o desempenho estrutural em relação a seu respectivo valor de construção e custo de produção; visto que o valor escultórico da escada inserida no edifício e a sua compatibilidade com a arquitetura valorizam o imóvel. Este estudo fornece dados quantitativos sobre insumos para diferentes opções construtivas aplicadas à construção de escadas, permitindo que profissionais e empreiteiros analisem o custo-benefício de cada tipo de escada.

Além disso, a investigação expõe as vantagens do concreto armado como elemento estrutural que surgiu da necessidade de unir as qualidades mecânicas do concreto (resistência à compressão) e do aço (resistência à tração) e ainda apresentar a vantagem de ser moldável, podendo assumir diferentes formas (Bastos, 2006), ampliando com isso as possibilidades arquitetônicas de concepção das escadas produzidas com esse material.

O presente artigo, portanto, abastece a comunidade científica com informações qualitativas, em relação à aplicação do concreto armado como insumo modelável, que possibilita a construção de escadas em formatos variados; e quantitativas, em relação a variação da quantidade aplicada desse insumo nos diferentes tipos de modelos estruturais, bem como o custo final apresentado por cada tipo.

2. METODOLOGIA

Em relação à sua natureza, essa pesquisa se enquadra como aplicável, pois tem como objetivo gerar conhecimentos que possam ser utilizados na prática, buscando resolver problemas específicos ou otimizar processos existentes, e envolvendo verdades e interesses locais (Kauark; Manhães; Medeiros, 2010).

Com base nos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como descritiva, uma vez que, durante o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fenômenos variáveis acontecem sem a interferência do pesquisador na realidade (Barros; Lehfeld, 2008). Dessa forma, trata-se de um estudo de caso no qual, após a coleta de dados, é feita a análise das relações entre as variáveis, a fim de determinar os efeitos resultantes em um produto, sistema de produção ou empresa (Perovano, 2014).

2.1 Arquitetura da escada

A fim de determinar os dados relevantes sobre o dimensionamento e orçamentação de diferentes tipos de escadas, a pesquisa utilizou um modelo arquitetônico padrão para as tipologias, consistindo de uma escada reta sem patamar (Figura 01). As dimensões dos pisos e espelhos, a quantidade de degraus, o nível vencido e o apoio da escada serão os mesmos valores para todas as tipologias estruturais de escada. Estes valores consistem em:

• Pisos: 28 cm;

• Espelhos: 18 cm;

• Quantidade de degraus: 16;

• Nível vencido: 2,96 m;

• Largura da escada: 1,20 m.

Além disso, foram considerados os mesmos tipos de concreto, aço e cobrimento da armadura:

• Aço: CA – 50;

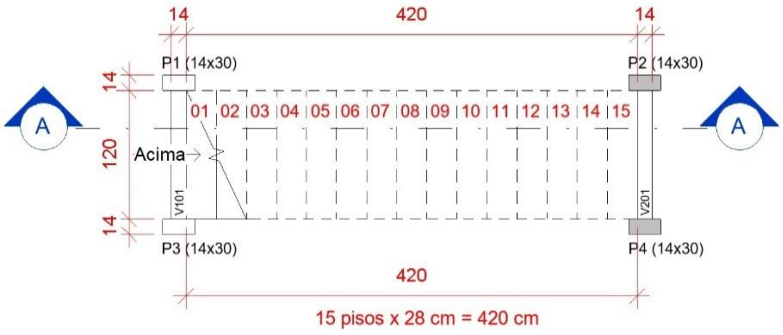
• Concreto: C25;

• Cobrimento: 2,5 cm

Obs.: Concreto e cobrimento considerada classe de agressividade ambiental moderada CAA – II, zona urbana para laje, de acordo com a Tabela 7.2 da NBR 6118:2023.

Percebe-se pela Figura 01 que há um desenvolvimento horizontal menor que a escada plissada, devido ao primeiro piso iniciar após a viga de apoio, totalizando 15 espelhos.

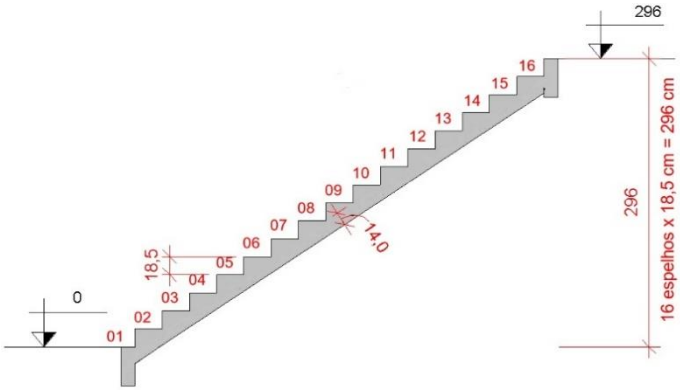
Figura 01 – Planta-baixa da escada convencional



Fonte: Autor (2023)

A Figura 02 demostra o corte para observação do piso e espelho da escada convencional, com sua altura de 14cm e desnível de 296cm.

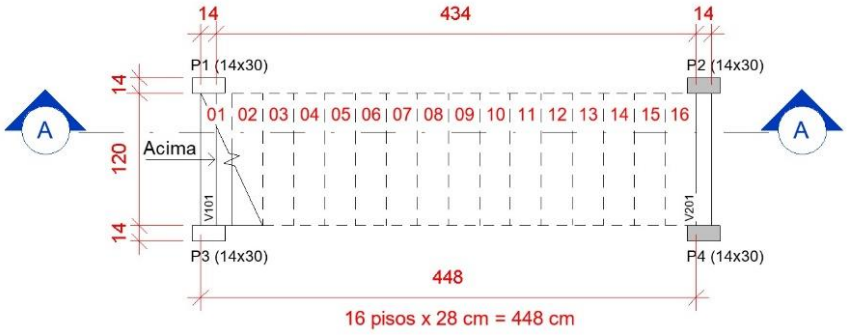
Figura 02 – Corte do modelo em escada convencional



Fonte: Autor (2023)

Percebe-se pela Figura 03 que há um desenvolvimento horizontal maior que a escada convencional, devido ao primeiro piso iniciar na viga de apoio, totalizando 16 degraus.

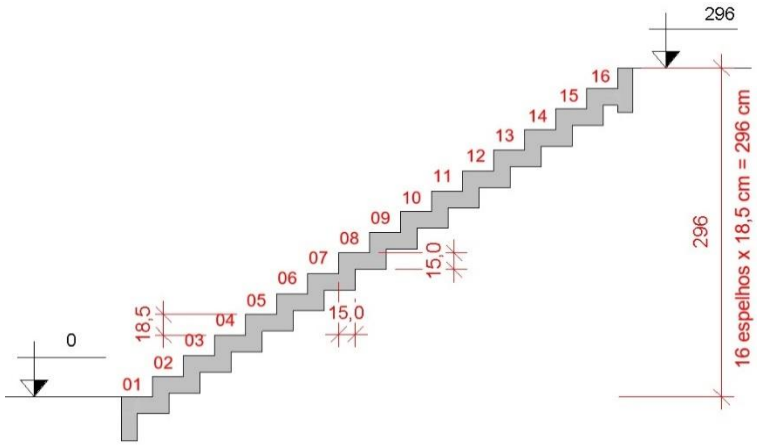
Figura 03 – Planta-baixa da escada plissada



Fonte: Autor (2023)

A Figura 04 demostra o corte para observação do piso e espelho da escada plissada, com sua altura de 15cm e desnível de 296cm.

Figura 04 – Corte do modelo em escada plissada



Fonte: Autor (2023)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Escada convencional

Os carregamentos presentes na escada convencional foram determinados segundo a metodologia e apresentam seus valores de forma detalhada no Quadro 01 a seguir:

Para melhor entendimento dos dados expostos a seguir, usar a legenda referencial:

- ***gpp*** = *Carga Permanente – Peso-Próprio*
- ***grev*** = *Carga Permanente – Revestimento*
- ***q*** = *Carga Acidental*

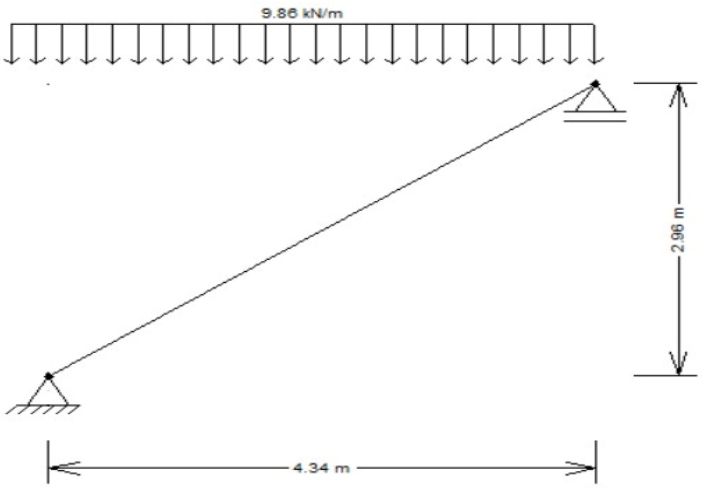
Quadro 01 – Valores para carregamentos na escada convencional

Trecho	Cálculo do carregamento		Valor total
Degraus	**gpp**: 0,26 m x 25 kN/m³	x cos α	9,86 kN/m
	grev: 0,86 kN/m²		
	q: 2,5 kN/m²		
Sendo: α o ângulo de inclinação do lanço da escada = 32,74 º			

Fonte: Autor (2013)

A escada convencional de apoio apresentou a seguinte disposição de carregamentos ao longo do comprimento do trecho estudados, apresentados conforme a Figura 05.

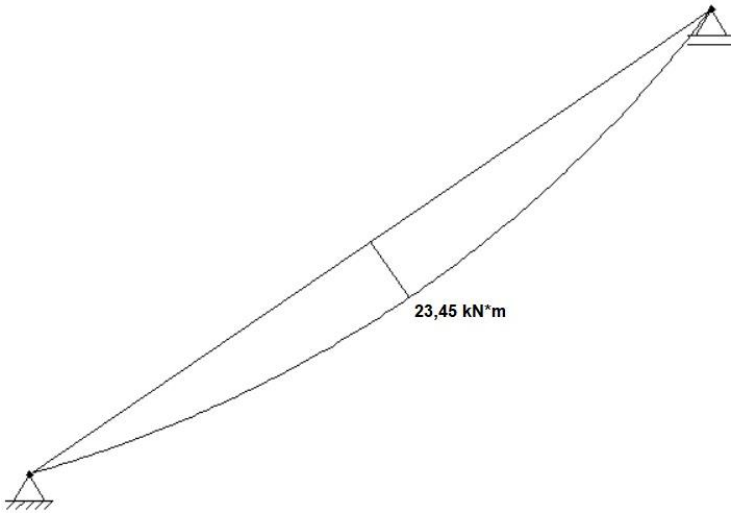
Figura 05 – Carregamento presente na escada convencional



Fonte: Autor (2023)

Os momentos para o dimensionamento a flexão gerados devido esse carregamento estão representados na Figura 06, sendo o momento adotado para o dimensionamento o momento máximo considerando um caso de estrutura isostático.

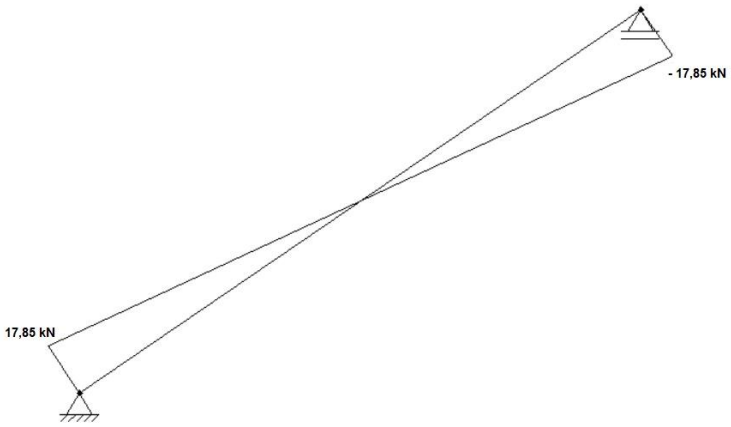
Figura 06 – Diagramas de momento fletor escada convencional



Fonte: Autor (2023)

Os esforços cortantes máximos foram encontrados através do Ftool ® e podem ser observados em destaque na Figura 07 a seguir:

Figura 07– Diagrama de esforço cortante escada convencional



Fonte: Autor (2023)

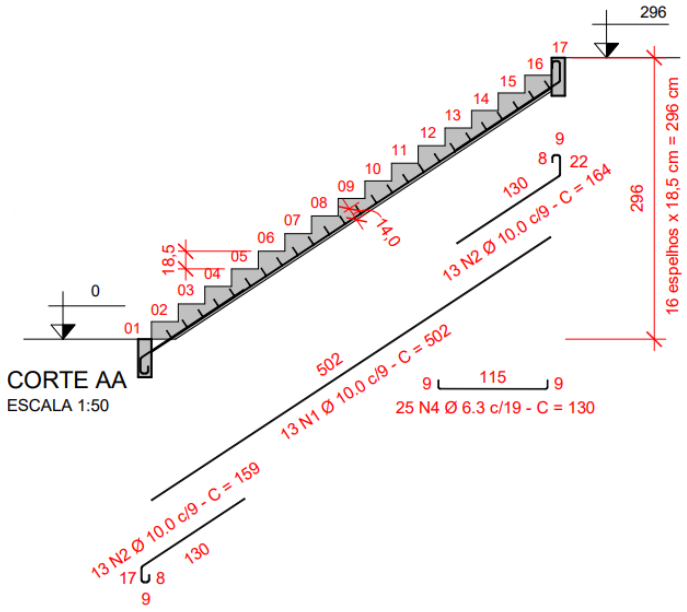
As armaduras calculadas e adotadas para esse tipo de escada que foram determinadas conforme metodologia da presente pesquisa, tiveram os seguintes valores em cm²/m, expostos pelo Quadro 02:

Quadro 02 – Informações da armadura de flexão determinada para escada convencional

Área de aço calculada(cm²/m)	Diâmetro de bitola ϕ da barra utilizada (mm)	Espaçamento entre as barras (cm)	Quantidade de barras	Área Efetiva (cm²/m)
7,69	10	10	12	8,0
Armadura secundária				
1,6	6.3	19	27	1,66

Fonte: Autor (2023)

Figura 08 – Detalhamento em corte longitudinal da escada convencional



Fonte: Autor (2023)

Por meio das medidas calculadas e obtidas pelos desenhos feitos no detalhamento, se fez o levantamento dos quantitativos e também o orçamento da escada com os custos dos dois parâmetros selecionados para comparação. Os valores obtidos são apresentados na Quadro 03 abaixo:

Quadro 03 – Orçamento do custo da escada convencional

ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Concreto FCK = 25 MPA	m³	1,31	580	759,80
2	Aço ϕ 6.3 mm	kg	9	6,32	56,88
3	Aço ϕ 10.0 mm	kg	73	6,03	440,19
				TOTAL	R$ 1.256,87

Fonte: Autor (2023)

O custo foi obtido, através de cotações em 5 empresas fornecedoras da região de Vitória da Conquista - Ba no mês de novembro de 2023. Valores de aço extraídos da Gerdau.

3.2 Escada Plissada

Os carregamentos presentes na escada plissada foram determinados segundo a metodologia da pesquisa e seus valores se presentam de forma detalhada no Quadro 04 a seguir:

Quadro 04 – Valores para carregamentos na escada plissada

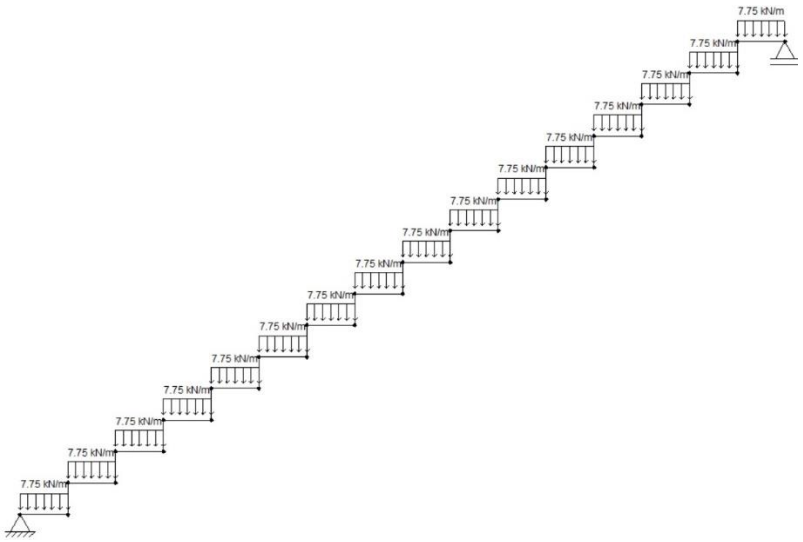
Cargas	Piso	Espelho
gpp	0,15 m x 25 kN/m³	0,15 m x 25 kN/m³
grev	1,5 kN/m²	1,5 kN/m²
q	2,5 kN/m²	0
TOTAL	7,75 kN/m	5,25 kN/m

Fonte: Autor (2023)

A escada com padrão estrutural em “cascata” apresentou a seguinte disposição de esforços nos seus trechos estudados, conforme as Figuras 09 e 10.

A Figura 09 corresponde ao carregamento presente nos pisos, estabelecidos com os cálculos de carga permanentes, revestimentos e acidentais como demostrado em Ftool ®.

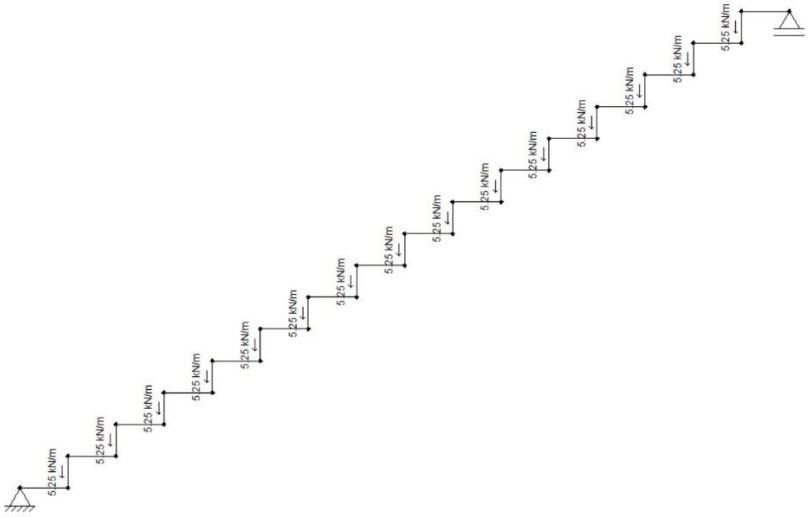
Figura 09– Disposição das cargas nos pisos



Fonte: Autor (2023)

A Figura 10 ao carregamento presente nos espelhos, estabelecidos com os cálculos de carga permanentes e revestimentos como demostrado em Ftool ®.

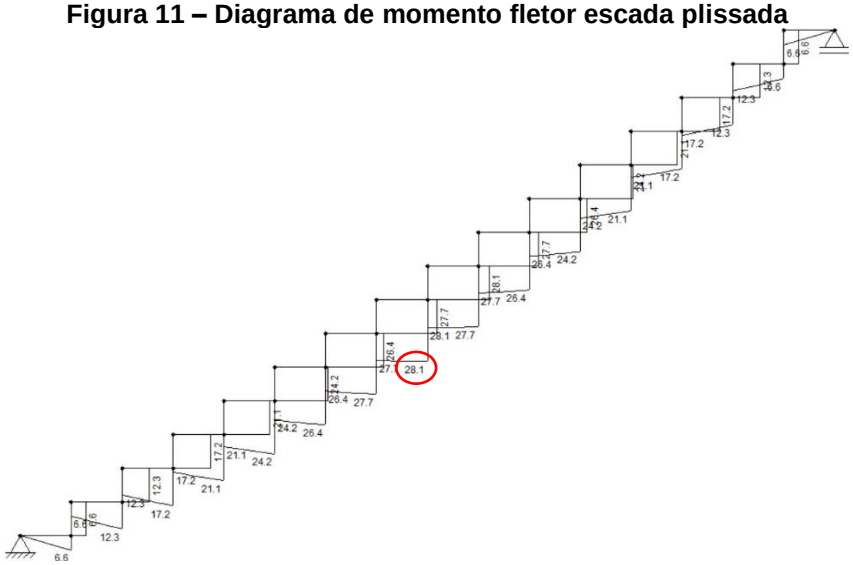
Figura 10– Disposição das cargas nos espelhos



Fonte: Autor (2023)

Os momentos fletores obtidos nos modelos feitos no Ftool ® apresentaram a disposição exposta pela Figura 11 e os valores máximos característicos destacados com círculo vermelho, sendo: 28,1 kNm.

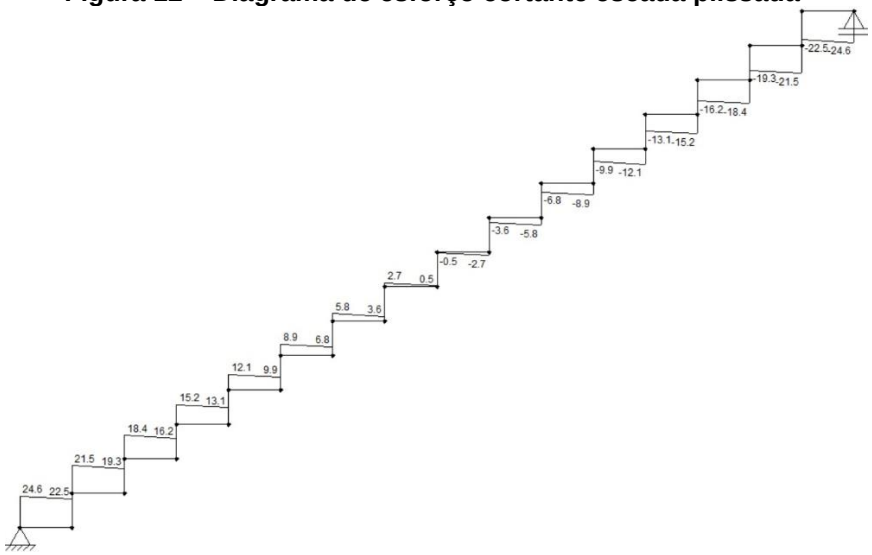
Figura 11 – Diagrama de momento fletor escada plissada



Fonte: Autor (2023)

Os esforços cortantes máximos, foram encontrados através do Ftool ® e podem ser observados em destaque na Figura 12 a seguir:

Figura 12 – Diagrama de esforço cortante escada plissada



Fonte: Autor (2023)

As armaduras calculadas e adotadas para esse tipo de escada foram determinadas conforme metodologia da presente pesquisa e tiveram os seguintes valores em cm²/m, visto no Quadro 05:

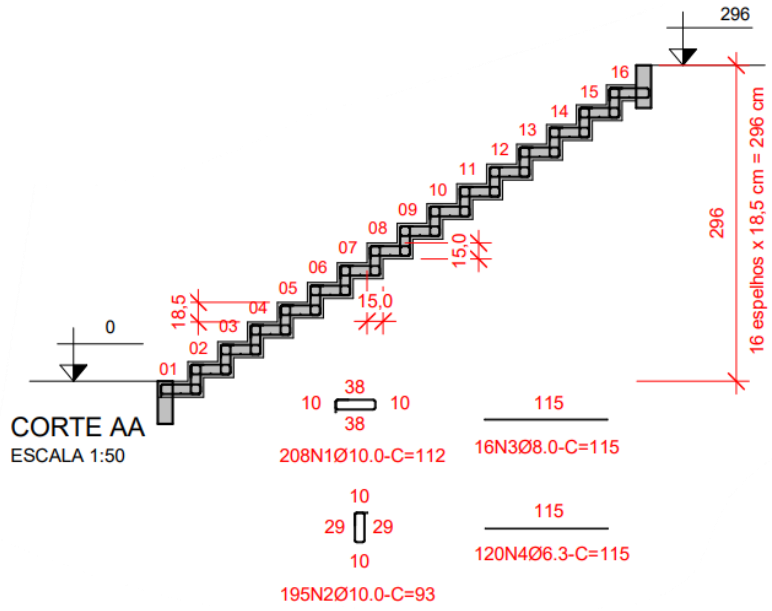
Quadro 05 – Informações da armadura de flexão determinada para escada plissada

Área de aço calculada (cm²/m)	Diâmetro de bitola ϕ da barra utilizada (mm)	Espaçamento entre as barras (cm)	Quantidade de barras	Área Efetiva (cm²/m)
7,20	10.0	17	35	7,35
Armadura secundária				
1,44	8.0	33	2	1,52
Armadura Construtiva				
-	6.3	-	12	-

Fonte: Autor (2023)

O detalhamento dessa tipologia estrutural também foi feito com o auxílio da ferramenta AutoCad ® e é apresentado na Figura 13 a seguir. Esse tipo de escada possuiuma disposição de armadura diferenciada, montada em uma sequência de estribos entre os pisos e espelhos.

Figura 13 – Detalhamento em corte longitudinal da escada plissada



Fonte: Autor (2023)

Da mesma forma, por meio das medidas calculadas e obtidas pelos desenhos feitos no detalhamento e espaçamentos calculados para as barras da armadura principal e secundária, foi feito o levantamento dos quantitativos e também o orçamento da escada. Os valores obtidos são apresentados no Quadro 06 abaixo:

Quadro 06 – Orçamento do custo da escada plissada

ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Concreto FCK = 25 MPA	m³	1,28	580	742,40
2	Aço ϕ 6.3 mm	kg	34	6,32	214,88
3	Aço ϕ 8.0 mm	kg	7,5	6,32	47,40
4	Aço ϕ 10.0 mm	kg	256	6,03	1.543,68
				TOTAL	R$ 2.548,36

Fonte: Autor (2023)

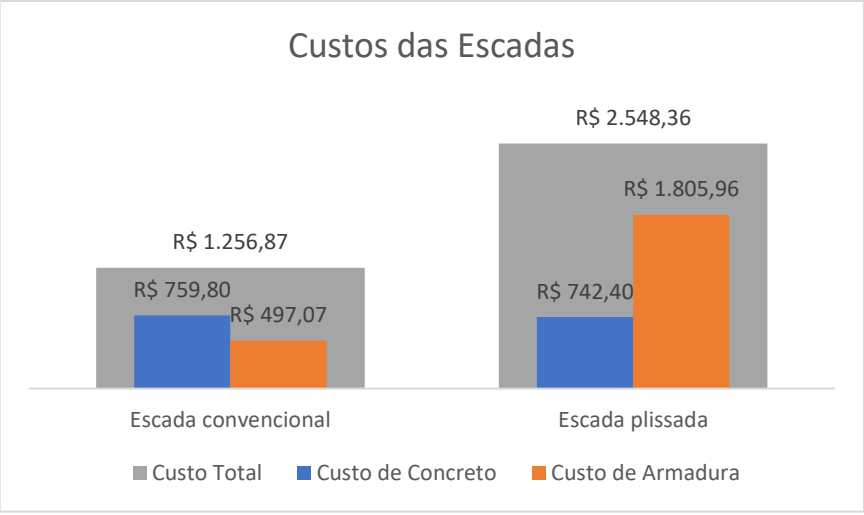
O custo foi obtido, através de cotações em 5 empresas fornecedoras da região de Vitória da Conquista - Ba no mês de novembro de 2023. Valores de aço extraídos da Gerdau.

3.3 Análise e comparação dos resultados

Nessa fase da pesquisa, dispondo dos cálculos referentes ao dimensionamento das escadas e da mensuração quantitativa e orçamentária das mesmas, pôde-se organizar e comparar as informações dos parâmetros quantitativos avaliados e dos custos estimados das escadas.

Dessa forma, qualificando como base o objetivo principal da pesquisa, foi gerada a seguinte comparação, de consumo de aço de quase 28% a mais na escada plissada em relação a escada convencional e consumo de concreto 3% maior na escada convencional em relação a escada plissada, conforme gráficos a seguir:

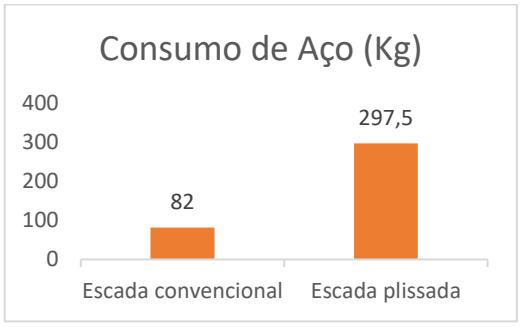
Gráfico 1 – Comparativo de preços gerais entre as tipologias de escadas



Fonte: Autor (2023)

A partir desse gráfico, conclui-se que a escada em cascata apresenta o maior custo de concepção para os parâmetros arbitrados. Esse fato deve-se principalmente ao método construtivo da tipologia, que faz com que a quantidade de armadura da estrutura plissada apresente maior quantidade, o que gera a maior diferença de preço, como podemos observar no Gráfico 2, mesmo que seu consumo de concreto seja menor que a escada convencional, como visto no Gráfico 3.

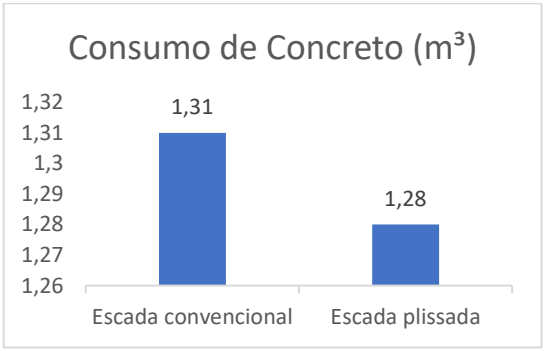
Gráfico 2 – Comparativo de consumo de armadura entre as tipologias de escadas



Fonte: Autor (2023)

O Gráfico 3 demonstra a relação do consumo de concreto entre as tipologias.

Gráfico 3 – Comparativo de consumo de concreto entre as tipologias de escadas



Fonte: Autor (2023)

O tipo de escada que apresentou o menor custo foi a escada convencional. Devido a sua composição mais esbelta, a quantidade de insumos empregados foi reduzida em comparação com as outras tipologias. O custo da escada convencional correspondeu a aproximadamente 49% do custo da escada plissada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As escadas possuem um papel importante no ramo da engenharia civil, principalmente após a verticalização das construções. Em variados empreendimentos, edificações públicas robustas e em residências de alto padrão, as escadas possuem apelo escultórico bastante explorado para agregar valor junto aos padrões arquitetônicos dos imóveis. Por conta disso, torna-se importante a comparação estrutural e orçamentária das tipologias possíveis. Dentre as duas tipologias pesquisadas, o somatório dos custos com concreto e aço para sua construção, produziu a seguinte relação, na ordem crescente de custo: escada convencional e escada plissada.

Os dados colhidos na pesquisa evidenciam que o fato da escada plissada ter apresentado o maior custo, deve-se pelo método construtivo que ela possui, no qual a armadura apresenta uma maior densidade que a escada convencional, tornando a escada mais cara devido principalmente a esse insumo. A escada convencional pode possuir preferência de escolha do contratante nesse quesito, porque além de possuir o menor custo entre as tipologias estudadas, é um modelo mais simples e mais utilizado, dando segurança de execução ao cliente e ao construtor. A presente pesquisa demostra, portanto, que o modelo de escada plissada gera quantitativos e custos maiores que uma escada convencional (em laje).

Com o intuito de complementar este estudo em trabalhos de pesquisas futuras, sugere-se considerar parâmetros como custo de projeto executivo, tempo de construção de cada tipologia e concepção dos modelos utilizando outros materiais como aço e madeira, além da verificação no estado limite de serviço que pode gerar modificações distintas nas quantidades dos insumos de cada tipologia.

REFERÊNCIAS

ADEMILAR. Ademilar Consórcios de investimento imobiliário. Site da Ademilar. Disponível em: <https://www.ademilar.com.br/blog/construcao-civil/tabela-percentualgastos-obra/>. Acesso em: 9 novembro 2023.

AOKI, S. M.; NETO, J. D. S. G.; TAKARA, E. M. Calcular Escadas. Centro Universitário UNICAPITAL e Faculdades Integradas Paulistas FIP. São Paulo. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimentos. Rio de Janeiro. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: Acessibilidade a edificação, mobiliário, espaços, e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9077: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro. 2001.

BARROS, A. J. D. S.; LEHFELD, N. A. D. S. Fundamentos de Metodologia Científica. 3ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

BASTOS, P. S. D. S. Fundamentos do Concreto Armado. (Notas de aula). Universidade Estadual Paulista. Bauru, p. 92. 2006.

COSTA, W. J. V. et al. Processos Produtivos na Construção Civil. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: Associação Brasileira de Engenharia de Produção. 2014. p. 11-27.

GERDAU. Empresa Gerdau. Website Gerdau. Disponível em: Acesso em: 5 Novembro 2023.

GRAVE, M. Escadas Autoportantes: Desenvolvimento de Programa Computacional de Dimensionamento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p.78. 2013.

JESUS, K. R.; MILANI, M. M. Material Escolar: escadas como função e escultórico. Arquitetura e Urbanismo Pini, 10 outubro 2017. Disponível em: <https://au.pini.com.br/2017/10/escadas-como-funcao-e-escultorico/>. Acesso em: 9 Novembro 2023.

PEROVANO, D. G. Manual de Metodologia Científica. Curitiba: Editora Juruá, 2014.

SEINFRA; Legislação - Lei 1481:2007. Prefeitura Municipal de Vitória da Conquista, 28 dezembro 2007. Disponível em: <https://www.pmvc.ba.gov.br/wp-content/uploads/Lei-1481-2007.pdf/>. Acesso em: 9 Novembro 2023.